SCHMEIL-LEHMANN
PFLANZENKUNDE



HEFT IV

Blank. Hermann. 4 A

Schmeils Naturwissenschaftliches Unterrichtswerk

Pflanzenkunde

Nach dem naturwissenschaftlichen Unterrichtswerke von

Professor Dr. O. Schmeil

auf Grund der bayerischen Lehrpläne bearbeitet von

A. Lehmann
Rektor der Königlichen Realschule
in Erlangen

4. Heft

Mit 4 farbigen und 2 schwarzen Tafeln sowie zahlreichen Textbildern
nach Originalzeichnungen

4. Auflage



1919
Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

Druck
der Spamerschen
Buchdruckerei in Leipzig

Lehraufgabe.

Niedere Kryptogamen: Algen, Pilze und Flechten. Einige Pflanzenkrankheiten. Überblick über das gesamte Pflanzenreich unter Hinweis auf die Pflanzenwelt früherer Zeiten.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. **Algen**	5
1. Jochalgen	5
2. Kieselalgen	8
3. Grünalgen	9
4. und 5. Braun- und Rotalgen	11
6. Spaltalgen	13
II. **Pilze**	14
1. Fadenpilze	14
2. Spaltpilze	27
3. Schleimpilze	32
III. **Flechten**	34
Über Pflanzenkrankheiten	37
Überblick über das gesamte Pflanzenreich	43
Die Pflanzenwelt früherer Zeiten	50
Vom Bau und Leben der Pflanze	52
Anhang. I. Die geographische Verbreitung der Pflanzen	99
II. Beobachtungsaufgaben über die besprochenen Pflanzen	113

Verzeichnis der Tafeln.

1. Pilze I	14
2. Pilze II	18
3. Hopfenseide	40
4. Alpenpflanzen	100
5. Verlandendes Gewässer und Wiesenmoor	104
6. Hochmoor und Düne	105

---

3. Gruppe. Lagerpflanzen (Thallophyta).

1. Kreis. Algen (Algae).

1. Klasse. Jochalgen (Conjugatae).

Die Schraubenalge (Spirogyra).*)

Zugleich ein Blick auf die Bedeutung der Algen.

A. **Vorkommen und Bau.** 1. In flachen Teichen sowie in Tümpeln und Gräben finden wir während der wärmeren Jahreszeit vielfach grüne, watteartige Massen. Legen wir ein wenig davon unter das Mikroskop, so löst sich die „Watte" in zahlreiche Fäden auf, von denen jeder eine Alge darstellt. Sie gehören verschiedenen Gattungen und Arten an, doch ist die Schraubenalge eine der häufigsten. Da diese Pflanzen im Gegensatz zu zahlreichen anderen Algen nicht festgewachsen sind, so vermögen sie wie alle freischwimmenden Gewächse auch nur stehende oder langsam fließende Gewässer zu bewohnen.

2. Die Schraubenalge besteht nur aus einem noch dazu überaus zarten Faden. Eine ähnlich gebaute Landpflanze müßte kraftlos zusammenfallen oder dem Erdboden aufliegen. Eine Pflanze dagegen, die im Wasser schwebt, von ihm also getragen wird, kann diese Gestalt und Zartheit wohl besitzen. (Vgl. hiermit den Bau vieler Wassertiere!)

Im Gegensatze zu allen bisher betrachteten Gewächsen sind an dem Pflänzchen also weder Stamm noch Blätter zu erkennen. Einen gleich einfachen Bau besitzen auch alle anderen Algen sowie die Pilze und Flechten. Da man nun einen solchen ungegliederten Pflanzenkörper als „Lager" oder Thallus bezeichnet, stellt man diese Pflanzen den „Stamm-Blatt-Pflanzen" als „Lagerpflanzen" gegenüber.

3. Der Faden ist aus zahlreichen walzenförmigen Zellen zusammengesetzt und von einer schleimigen Hülle umgeben. Die farblosen, durchsichtigen Zellwände sind mit einer dünnen Schicht Protoplasma „austapeziert". In dieser liegt ein schraubenförmig gewundenes Band (Name!), das durch eingelagertes Blattgrün oder Chlorophyll lebhaft grün erscheint und der gan-

---

*) Beobachtungsaufgaben vgl. im Anhang S. 113.

zen Pflanze das grüne Aussehen gibt. Durch den Innenraum der Zelle, der mit wässrigem Zellsaft angefüllt ist, ziehen sich mehrere Protoplasmafäden. Sie kreuzen sich alle in einem Punkte und halten dort den Zellkern in der Flüssigkeit schwebend.



Schraubenalge: drei Zellen eines Fadens, von denen sich die oberste (3) geteilt hat (stark vergr.).

Durch die zarte Zellhaut dringen Nährstoffe in das Innere der Zelle (vgl. Heft III S. 197). Dort werden sie wie bei allen andern grünen Pflanzen mit Hilfe des Sonnenlichtes weiter verarbeitet. Daher gedeiht die Schraubenalge auch am besten an der stark beleuchteten Oberfläche des Wassers. Wir finden allerdings auch in tieferen Wasserschichten zahlreiche Algen; ohne Licht kann jedoch keine dieser Pflanzen leben.

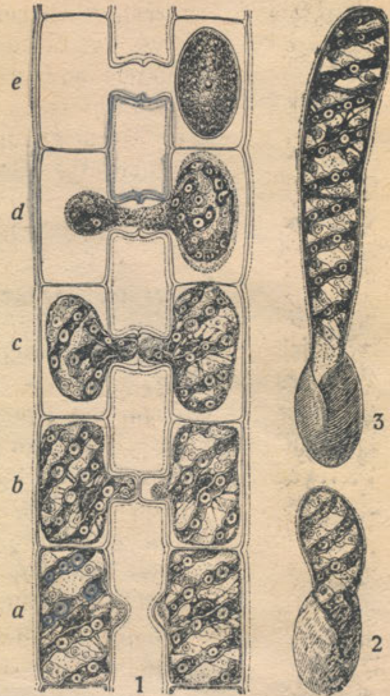
B. **Vermehrung.** 1. Die watteartigen Massen, die die Schraubenalge bildet, vergrößern sich sehr schnell. Dies geschieht, wie uns wieder das Mikroskop zeigt, dadurch, daß sich die einzelnen Zellen teilen. Dabei entsteht ungefähr in der Mitte der Längswand eine ringförmige Verdickung, die immer weiter nach innen wächst und schließlich als Querwand die Zelle in zwei Zellen teilt. Diese wachsen bald zur Größe der ursprünglichen Zelle heran. Zerreißen die Fäden, so leben die Teilstücke als selbständige Pflänzchen weiter.

2. Im Sommer und Herbste trifft man vielfach Schraubenalgen an, die ein eigentümlich krauses Aussehen haben. Bringt man Teile davon unter das Mikroskop, so erkennt man folgendes: Je 2 Fäden haben sich fast parallel nebeneinander gelegt und von ihren gegenüberliegenden Zellen aus zapfenartige Fortsätze getrieben (a). Indem die Fortsätze größer werden, stoßen sie schließlich zusammen (b) und verschmelzen endlich miteinander (c, d und e). Auf diese Weise können die Fäden das Aussehen einer kleinen Leiter erhalten. Nachdem sich das Protoplasma der gegenüberliegenden Zellen infolge von Wasserabgabe zusammengezogen hat (c), wandert der Inhalt der einen zu dem der andern hinüber (d). Beide verschmelzen miteinander und bilden eine Spore (e), die sich abrundet und mit einer dicken, widerstandsfähigen Hülle umgibt. Da man die zwischen beiden Zellen entstehende Verbindung auch mit einem Brückenjoch vergleicht, bezeichnet man eine auf diese Weise entstehende Spore als Jochspore und die Algen, die diese Sporenbildung zeigen, als „Jochalgen". — Verwesen die Zellwände, so werden die Sporen frei und sinken zu Boden. Im nächsten Frühjahr treiben sie einen Keimschlauch, der bald zu einem neuen Algenfaden heranwächst.

In den oberen Wasserschichten würden die zarten Fäden durch das Wintereis unbedingt zerstört werden. Mit Hilfe der Sporen rettet sich die

Pflanze also über die ungünstige Jahreszeit hinüber. Da nun die Schraubenalge sehr viele Sporen bildet und da die winzigen Körper vom Wasser leicht fortgeschwemmt werden können, so wird durch ihre Hilfe die Pflanze auch vermehrt und weiter verbreitet.

Die Spore entsteht, wie wir soeben gesehen haben, dadurch, daß sich die Inhalte zweier Zellen, d. h. zwei vollkommen gleiche „Wesen", miteinander vereinigen. Diesen Vorgang, den man in ähnlicher Form auch bei niederen Tieren wiederfindet, bezeichnet man als Verschmelzung (Konjugation). Da er lebhaft an die Befruchtung erinnert, wie wir sie z. B. bei den Farnen und Moosen kennen gelernt haben (Beweis!), so haben wir es hier gleichfalls mit einem und zwar dem einfachsten Falle „geschlechtlicher" Fortpflanzung zu tun. Die Zellteilung dagegen ist ein Vorgang ungeschlechtlicher Vermehrung.

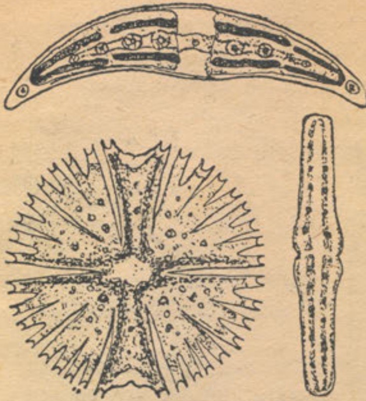


1 Sporenbildung bei der Schraubenalge (s. Text). 2 und 3 „Keimende" Sporen. Im Gegensatz zu der auf S. 6 abgebildeten Art ist hier eine Form mit zwei Blattgrünbändern dargestellt.

C. **Bedeutung.** 1. Die Tiere brauchen zu ihrer Ernährung Pflanzen- oder Tierstoffe. In letzter Linie sind also alle auf Pflanzenstoffe angewiesen (wieso?). Da nun die Algen (besonders im Meere) die bei weitem häufigsten und verbreitetsten Wasserpflanzen darstellen, sind sie auch die wichtigste Nahrungsquelle der Wassertiere.

2. Setzen wir Algen (oder andere untergetauchte Wasserpflanzen) in einem Gefäße mit Wasser direktem Sonnenlichte aus, so sehen wir von ihnen Gasbläschen emporsteigen. Da in einer größeren Menge dieses Gases ein glimmender Span sofort mit heller Flamme brennt, so haben wir es in ihm mit Sauerstoff zu tun. Dieses bedürfen aber die Tiere zur Atmung. Die Algen (Wasserpflanzen) liefern den Wassertieren also auch Atemluft.

3. Bringt man Algen in ein Gefäß mit Wasser, in dem Tierstoffe faulen, so wird das Wasser nach und nach klarer und der üble Geruch verschwindet schließlich vollständig. Die Algen haben die bei der Fäulnis entstehenden Stoffe aufgenommen und zum Aufbau ihres Körpers verwendet. Da nun in jedem Gewässer täglich große Mengen von Tierstoffen (Abfallstoffen und Leichen) verwesen, so würde das Wasser ohne die Tätigkeit der Algen



Einzellige Jochalgen (Desmidiaceae). (Etwa 200 mal vergr.).

(Wasserpflanzen) bald verpestet sein. Alles tierische Leben müßte in ihm dann aber zugrunde gehen.

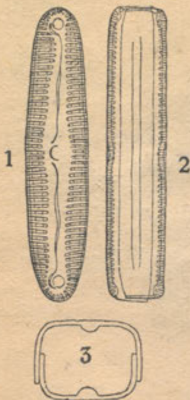
Die Wasserpflanzen und unter ihnen in erster Linie wieder die Algen bilden also die Grundbedingung alles Lebens im Wasser.

Unter den Jochalgen findet sich eine Gruppe (Desmidiaceae), deren Körper nur aus einer einzigen Zelle besteht. Sie zeichnen sich durch besondere Zierlichkeit aus. Diese herrlichen „Kunstformen der Natur" treten in einer großen Mannigfaltigkeit der Gestalt (Scheiben, Halbmonde, Sterne, Ketten usw.) in Algendickichten, besonders aber in Torfsümpfen auf.

Gemeinsame Merkmale. Die **Jochalgen** sind einzellige oder einfach fadenförmige, grüne Algen des Süßwassers, die sich außer durch Teilung durch sog. Jochsporen vermehren.

2. Klasse. Kieselalgen (Diatomaceae).

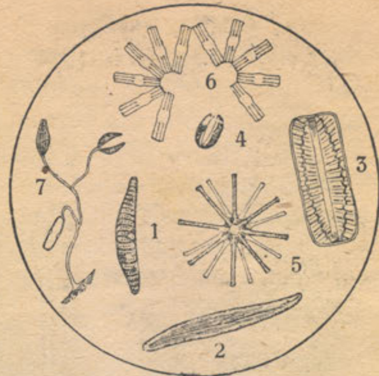
Kieselalgen bekommt man leicht in größter Menge zu Gesicht, wenn man mit Hilfe des Mikroskops den braunen, schleimigen Überzug untersucht, der sich im Frühjahre in Gräben und Pfützen bildet. Auch Algenfäden oder Schlamm wird man nach ihnen nur selten vergeblich durchmustern. Die winzigen, einzelligen Pflanzen haben die Form eines Stabes, einer Sichel, eines Keiles, eines Kreises, einer Ellipse oder dergl. Sie schweben entweder frei im Wasser oder gleiten wie ein von geheimnisvollen Kräften getriebenes Schifflein auf fester Unterlage langsam dahin oder sitzen endlich auf ausgeschiedenen Gallertstielen anderen Körpern auf. Durch einen braunen Farbstoff, der das Blattgrün verdeckt, erhalten sie ein ledergelbes Aussehen. Die Zellwand besteht aus zwei Schalen, von denen die eine über die andere hinweggreift wie der Deckel über eine Schachtel. Beim Glühen auf einem Platinblech bleibt ein Kieselskelett der Schalen zurück (Name!). Bei der Vermehrung teilt sich der Inhalt so, daß jede Hälfte eine Schale erhält und dann die zweite fehlende Schale neu ausscheidet. Dabei tritt auch Koloniebildung auf, wenn die neu entstehenden Pflänzchen sich nicht loslösen. Außer der Teilung kommt auch Verschmelzung des Inhaltes zweier Pflänzchen und Sporenbildung wie bei den Jochalgen vor.



Eine Kieselalge des Süßwassers (Navicula).
1 Flächenansicht; 2 Kantenansicht; 3 Querschnitt. (Vergr. etwa 450 mal.)

Wie im Süßwasser sind die Kieselalgen auch im Meere anzutreffen. Dort bewohnen sie die oberflächlichen durchleuchteten Wasserflächen in so großer Zahl, daß sie den kleinsten Seetieren jahraus jahrein die nötige Nahrung liefern können. Die Kieselalgen gehören hier zum Treibenden bzw. Schwebenden

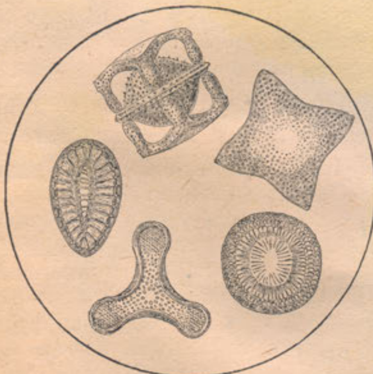
im Wasser oder zum Plankton, das wir schon bei den niederen Krebsen (vgl. Tierkunde, Heft III S. 83) kennen gelernt haben. In dieser Welt des Kleinen spielen die wunderbar geformten Kieselalgen als Nahrung der kleinsten Tiere eine Hauptrolle, denn von diesen Tieren ernähren sich wieder die größeren, ja selbst die größten Seetiere, und von allen hängen endlich auch die Millionen von Menschen ab, die als Fischer, Schiffer, Kaufleute usw. auf den Reichtum des Meeres angewiesen sind (vgl. auch die Tierkunde bei Hering, Kabeljau, Wal usw.!).

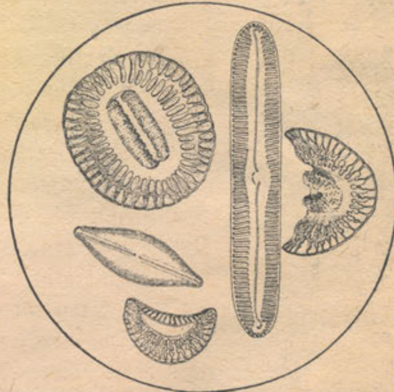


Kieselalgen des Süßwassers.
1—4 einzeln lebende Arten. 5 u. 6 freilebende Kolonien. 7 eine Kolonie, die mit Hilfe eines verzweigten Gallertstieles einem festen Gegenstande aufsitzt. (Vergr. 100 mal.)

Indem die abgestorbenen Kieselalgen auf den Grund des Meeres sinken, dienen sie auch den Bewohnern der tieferen und tiefsten Wasserschichten zur Nahrung. Sie ermöglichen also die Bewohnbarkeit der lichtlosen und darum pflanzenleeren Meerestiefen.

Da nun die verkieselten Schalen fast unvergänglich sind, häufen sie sich auf dem Boden des Meeres oft zu gewaltigen Massen an. Werden solche Anhäufungen, die sich aber auch in süßen Gewässern bilden können, im Laufe der Jahrtausende über den Wasserspiegel emporgehoben, so entstehen Lager von Diatomeenerde, Kieselgur oder Polierschiefer, die der Mensch zu verschiedenen Zwecken, besonders zur Herstellung des Dynamits (d. i. mit Nitroglyzerin getränkte Diatomeenerde) ausbeutet. Solche Lager finden sich z. B. in der Lüneburger Heide sowie bei Franzensbad und Bilin in Böhmen. Auf einer mächtigen (bis 30 m starken) Schicht von Kieselalgen erheben sich auch einige Teile von Berlin und Königsberg.


Kieselalgen des Meeres.


Kieselalgen aus dem Kieselgur von Franzensbad in Böhmen.

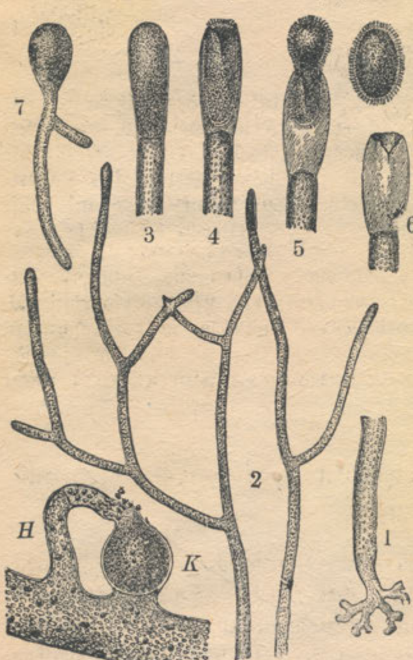
3. Klasse. Grünalgen (Chlorophyceae).

Die Schlauchalge (Vaucheria).

1. **Bau.** In dem grünen Anflug, der den schlammigen Grund stehender Gewässer überzieht, findet man zumeist Algenfäden, die mit Hilfe wurzel-

artiger Fortsätze (1) dem Untergrund aufsitzen, verzweigt sind (2) und einen einfachen nicht durch Querwände geteilten Innenraum besitzen. Die Zellwand umschließt also wie ein großer, mehrfach geteilter Schlauch (Name!) die gesamte Masse des Protoplasmas, in der zahlreiche Zellkerne und viele kleine Blattgrünkörper enthalten sind.

2. **Vermehrung.** Nicht selten beobachtet man Fäden, deren Ende kolbenförmig angeschwollen ist. Nachdem das Protoplasma dieses Abschnittes durch eine Querwand von dem übrigen Inhalt des Schlauches getrennt ist (3), reißt der Kolben am Scheitel auf (4) und sein eiförmiger Inhalt tritt ins Freie (5). Mit Hilfe zahlreicher Wimpern, die sich wie Ruder taktmäßig bewegen, schwimmt der frei gewordene Protoplasmaballen (6) in Schraubenwindungen durch das Wasser. Nach etwa zwei Stunden zieht diese sog. Schwärmspore die Wimpern ein, umgibt sich mit einer Zellhaut, sinkt zu Boden und treibt bald darauf einen Keimschlauch, aus dem ein neuer Algenfaden hervorgeht (7).



Schlauchalge (s. Text).

Außer dieser ungeschlechtlichen Vermehrung findet sich bei der Schlauchalge noch eine andere Art der Fortpflanzung. Bei dieser treiben die Fäden kleine Seitenzweige (8), die entweder die Form von Kolben (K) oder von gebogenen Hörnern (H) zeigen. Der Inhalt jedes „Hornes" zerfällt in zahlreiche Körperchen, die später durch eine Öffnung der Zellwand ins Freie treten und mit Hilfe zweier Wimpern lebhaft durch das Wasser schwärmen. Ebenso öffnet sich auch der Kolben, ohne aber seinen Inhalt zu entlassen. Dringt in ihn nun einer jener „Schwärmer" ein, so verschmilzt er mit dem Kolbeninhalt, der sich darauf mit einer derben braunroten Haut umgibt, um im nächsten Frühjahr eine neue Alge ins Dasein zu rufen.

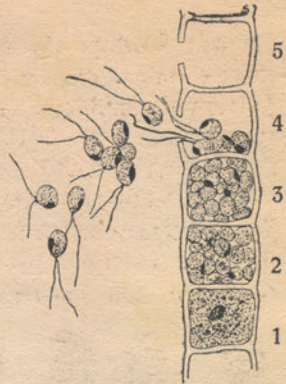
Diese geschlechtliche Vermehrung erinnert deutlich an die entsprechenden Verhältnisse bei Farnen und Moosen: der Kolben ist das weibliche Organ (hier Oogonium genannt), das Horn, das die Schwärmer erzeugt, gibt sich sofort als männliches Organ (Antheridium) zu erkennen. Da sich hier zwei verschiedene Zellen vereinigen, ist die geschlechtliche Vermehrung der Schlauchalge gegenüber der Verschmelzung oder Konjugation der Schraubenalge wesentlich vervollkommnet.

Andere Grünalgen. Die Grünalgen zeigen untereinander große Verschiedenheiten. Einige sitzen mit Hilfe eines Haftwerkzeuges auf Steinen, an Brückenpfeilern u. dgl. fest, andere schweben völlig frei im Wasser und noch andere leben sogar auf feuchtem Untergrunde außerhalb des Wassers. Auch in der Bildung der Schwärmsporen und in der Art der geschlechtlichen Fortpflanzung machen sich große Abweichungen geltend. Bei der hier abgebildeten Form (Ulothrix), die sich gleichfalls häufig im Süßwasser findet, zerfällt der Inhalt der Zelle in zahlreiche Schwärmsporen, die durch einen Riß der Zellwand ins Freie

treten und mit Hilfe von je zwei Wimpern durch das Wasser schwimmen.

Von den Arten, die auf festem Untergrunde leben, ist hier eine einzellige Form (Pleurococcus vulgaris) abgebildet. Sie bildet z. T. die schleimigen Überzüge auf feuchtem Boden, an Bretterwänden, auf der Wetterseite der Bäume usw. Die Zellen bleiben nach der Teilung vielfach miteinander vereinigt, so daß kleine Kolonien entstehen. Sie können austrocknen, um bei Befeuchtung wieder zum Leben zu erwachen. In trockenem Zustand werden sie leicht durch den Wind verweht, also weithin verbreitet. — Eine Grünalge ist auch die **Veilchenalge** (Trentepohlia iolithus), die sich als rotbrauner, veilchenduftender Überzug auf dem Urgesteine der Gebirge findet („Veilchenmoos, Veilchenstein").

Einzellige Grünalge, aus einzelnen Zellen oder kleineren und größeren Kolonien bestehend.



Einige Zellen einer Grünalge (Ulothrix), Schwärmsporen bildend: der Inhalt der Zelle 1 ist noch unverändert; bei 2 und 3 ist er in Schwärmsporen zerfallen; in 4 schwärmen die Sporen soeben aus, während dies in 5 bereits geschehen ist. (Etwa 250 mal vergr.)

Gemeinsame Merkmale. Die **Grünalgen** sind ein- bis vielzellige Algen, die sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen vermehren und zumeist auch geschlechtlich fortpflanzen.

4. und 5. Klasse. Braun- und Rotalgen. (Phaeophyceae und Rhodophyceae).

Unter den Algen oder Tangen des Meeres treten die Grünalgen, die im Süßwasser die Herrschaft führen, stark zurück. Ihre Stelle nehmen stattlichere Formen ein, die neben dem Blattgrün noch einen braunen oder roten Farbstoff in ihren Zellen enthalten. Daher erscheinen sie bald heller bald dunkler braun oder rot gefärbt. Da sie (fast ausschließlich) festsitzende Pflanzen sind, so vermögen sie auch nur Küstengewässer oder ganz flache Meeresteile zu bewohnen. In der Regel reicht dieser Gürtel bis 30 m und nur bei ganz reinem, klaren Wasser etwa bis 50 m Tiefe hinab; denn in noch tieferem Wasser ist das Licht so stark gedämpft, daß keine mit Blattgrün ausgestattete Pflanze die notwendigen Lebens- und Baustoffe herzustellen, d. h. also zu „assimilieren" vermöchte.

1. Die Braunalgen sind zumeist größere Pflanzen, die vielfach ausgedehnte „Tangwiesen" oder — wie die größten Arten — förmliche „Tangwälder" bilden. Sie bewohnen die flachen Küstengewässer, in denen sie mit Ebbe und Flut sowie mit brandenden Wogen einen harten, beständigen Kampf zu führen haben. Sie klammern sich jedoch mit starken, wurzelartigen

Haftorganen dem felsigen oder steinigen Untergrund fest an und besitzen einen zähen, lederartigen Körper, der den Wellen und der Strömung kräftigen Widerstand zu leisten vermag. Wühlen heftige Stürme das Meer tief auf, so werden sie trotzdem nicht selten losgerissen und in großen Massen an die Küste geworfen. Die Strandbewohner bringen sie dann als Dünger auf den Acker oder verbrennen sie, um aus ihrer Asche das wertvolle Jod, das die Algen dem Meerwasser entziehen, zu gewinnen.

Die häufigste Braunalge der Nord- und Ostsee ist der **Blasentang** (Fucus vesiculosus). Er erreicht eine Länge von 1 m und wird durch luftgefüllte Blasen schwimmend erhalten (Name!). Die Enden der Lappen zeigen oft ein gekörneltes Aussehen. Hier finden sich in krugförmigen Vertiefungen die Fortpflanzungsorgane. — An den Küsten der tropischen Meere findet sich der **Beerentang** (Sargassum bacciferum), dessen Schwimmblasen wie gestielte Beeren aussehen (Name!). Losgerissene Massen dieser Pflanze bedecken in dem Teile des Atlantischen Ozeans, der als „Sargassosee" bezeichnet wird, auf mehrere tausend Quadratmeilen hin die Wasseroberfläche. Diese Massen hat der Golfstrom aus dem Meerbusen von Mexiko hierher geführt. — Die größte Alge, wie überhaupt die größte aller Pflanzen (bis 300 m) ist der **Birnentang** (Macrocystis pirifera). Er findet sich an den außertropischen Küsten der südlichen Erdhälfte und hält sich durch birnenartige Blasen (Name!) schwimmend an der Oberfläche des Ozeans.



Blasentang (verkl.). S Schwimmblasen und F Stellen, an denen sich die Fortpflanzungsorgane finden.



Zweig vom Beerentang aus der Sargassosee (vkl.).

2. Die **Rotalgen** sind kleiner als die Braunalgen; sie bewohnen meist die tieferen Wasserschichten, die selbst von den heftigsten Stürmen nur wenig oder gar nicht erregt werden. Daher wird uns auch die große Zartheit dieser Pflanzen wohl verständlich. Durch ihre Färbung (scharlachrot bis purpurschwarz) bilden sie im Vereine mit den Korallentieren häufig einen

prächtigen Schmuck der unterseeischen Felsen. Manche sind nur einfache Fäden oder blattartige Flächen; meist aber gleichen sie zierlichen Moosrasen, feinverzweigten Bäumchen, zartblätterigen Farnen u. dgl.

Der in der Nordsee lebende **Perltang** (Chondrus crispus) wird getrocknet als Heilmittel benutzt („Irländisches Moos"). — Nur wenige



Perltang (etwa nat. Gr.).



Ast der Froschlaichalge (stark vergr.).

zwerghafte Formen der prächtigen Rotalgen finden sich im Süßwasser. Unter ihnen ist die überaus zarte, schlüpfrige **Froschlaichalge** (Batrachospermum moniliforme) hervorzuheben. Die Fäden des violetten, grünlichen oder rotbraunen Pflänzchens erscheinen bei schwacher Vergrößerung durch eine regelmäßige quirlförmige „Verzweigung" perlschnurartig wie Froschlaich.

6. Klasse. Spaltalgen (Cyanophyceae).





Schwingalge. 1 Rasen der Alge auf Schlamm. 2 Einzelner Faden (stark vergr.).



Zwei Zellfäden der Gallertalge oder des Nostok (vergr.).

Die Spaltalgen bilden mit den Spaltpilzen die einfachsten Organismen, die wir kennen. — In schlammigen Gewässern beobachtet man häufig die blaugrünen Massen der **Schwingalge** (Oscillatoria). Unter dem Mikroskop erkennen wir zahlreiche schwingende Fäden, die wieder aus je einer großen Anzahl von Zellen bestehen. Diese Zellen vermehren sich nur durch Zweiteilung (vgl. w. u. bei Spaltpilzen!). Da die Teilstücke meist im Zusammenhang bleiben, so bilden sich die fadenförmigen Kolonien. Sie enthalten Blattgrün, das allerdings durch einen blaugrünen Farbstoff verdeckt wird. — Die gallertartigen, zitternden Massen, die auf nassen Wiesen, zwischen Moos und dergleichen häufig zu finden sind, werden von der **Gallertalge** oder dem **Nostok** (Nostoc) gebildet. In den perlschnurartigen Zellfäden machen sich einzelne größere Zellen bemerklich. Das sind die Stellen, an denen die Fäden in später selbständige Teilstücke zerfallen.

Im Anschluß an die Algen seien die Armleuchtergewächse (Characeae) erwähnt, die eine selbständige Gruppe der Lagerpflanzen darstellen. Sie bilden auf dem Boden von Landseen oft förmliche Wiesen, kommen aber auch in Gräben vor. Die Pflänzchen verzweigen sich armleuchterartig (Name!) und nehmen aus dem Wasser oft so viel Kalk auf, daß sie brüchig werden. Die grünen oder roten Körper, die sich an den „Zweigen" finden, sind die Werkzeuge der Fortpflanzung.

Gemeinsame Merkmale. Die **Algen** sind Lagerpflanzen, die meist im Wasser leben und Blattgrün enthalten.



Ast einer Armleuchterpflanze (nat. Gr.).

2. Kreis. Pilze (Fungi).

1. Klasse. Fadenpilze (Eumycetes).

1. Unterklasse. Ständerpilze (Basidiomycetes).

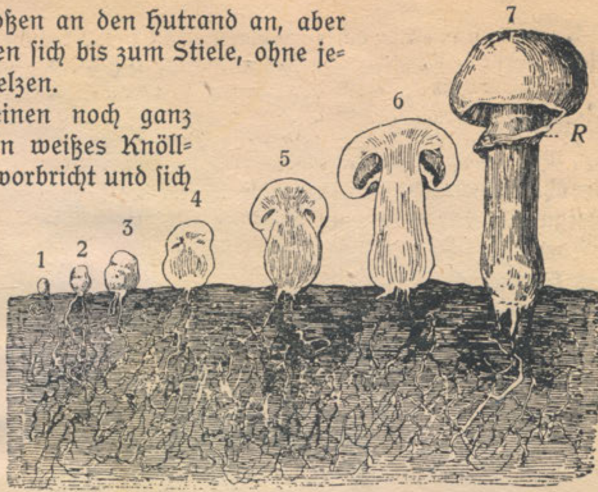
Der Feld-Champignon oder **Edelpilz (Psalliota campestris).** Taf. 1, 1.

A. **Fruchtkörper.** 1. Der „Champignon" bricht im Sommer und Herbste auf Wiesen und Feldrainen, an Wegen und ähnlichen Orten aus dem Boden hervor. Wie ein Längsschnitt zeigt, besitzt er ein festes, weißes „Fleisch" von anisartigem Geruche, das als schmackhafte Speise überall hochgeschätzt wird. Zum menschlichen Genusse eignen sich allerdings zumeist nur die jungen Pilze; denn die alten sind in der Regel von zahlreichen Mücken- und Fliegenmaden durchwühlt. Seiner Schmackhaftigkeit wegen wird der wertvolle Champignon vielfach auch künstlich gezogen (s. w. u.).

2. Vollkommen entwickelt gleicht ein solcher Pilz oder Schwamm einem Schirme. Ein bis 8 cm hoher Stiel trägt einen flach gewölbten „Hut", der weiß oder bräunlich gefärbt ist und einen Durchmesser von 15 cm erreichen kann („Hutpilze"). Auf der Unterseite des Hutes finden sich zahlreiche radienartig und senkrecht gestellte Blättchen (Lamellen), die anfangs rosa, später dagegen schokolade- bis schwarzbraun aussehen. Diese Färbung ist das sicherste und leichteste Erkennungsmerkmal des Champig-

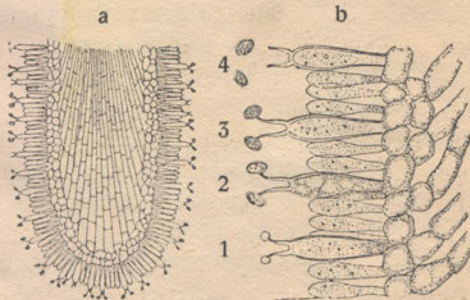
nons. Alle Blättchen stoßen an den Hutrand an, aber nur die längeren erstrecken sich bis zum Stiele, ohne jedoch mit ihm zu verschmelzen.

Durchschneiden wir einen noch ganz jungen Pilz, der wie ein weißes Knöllchen aus dem Boden hervorbricht und sich in Stiel und Hut zu gliedern beginnt, der Länge nach, so sehen wir, daß die leistenartigen Blättchen im Innern des Pilzes entstehen. Auch wenn der Pilz größer geworden ist, nehmen wir davon äußerlich noch nichts wahr; eine Haut, der sog. Schleier, überdeckt schützend die zarten Gebilde. Erst am vollkommen ausgebildeten Pilze werden die Blättchen sichtbar: Der Schleier reißt an dem Rande des Hutes ab und bleibt als „Ring" am Stiele zurück.



Entwicklung des Champignons. Der Boden ist von Fadengeflecht durchzogen. 1—3 u. 7 von außen gesehen; 4—6 im Längsschnitte. Bei 4 bilden sich die Blättchen (Lamellen). Bei 5 u. 6 ist der Schleier deutlich ausgebildet. Bei 7 löst er sich vom Hutrande und bleibt als Ring (R) zurück.

3. Auf einem Querschnittte durch die Blättchen erkennen wir mit Hilfe des Mikroskopes, daß sie (wie Stiel und Hut) aus zahlreichen Zellfäden zusammengesetzt sind. Die Endzellen der Fäden sind keulenförmige Gebilde, die sich über die Oberfläche der Blättchen erheben. Eine Anzahl dieser „Keulen" wird länger als die anderen und erhält am Ende je 2 (ausnahmsweise aber auch 1, 3 oder 4) kleine, stielartige Ausstülpungen, die an der Spitze kugelig anschwellen. Indem sich diese „Kugeln" von den „Stielen" abschnüren, entstehen die Sporen. Die Zellen, auf denen sie sich bilden, nennt man „Sporenständer" oder Basidien (Ständerpilze!). Die Gesamtheit der Sporenständer bildet mit den „unfruchtbaren", kleineren, keulenförmigen Zellen die sog. Fruchtschicht, die also beide Seiten der Blätter überzieht.



Feinerer Bau der Blättchen (Lamellen) des Champignons. a ein Querschnitt durch ein Blättchen bei etwa 100maliger Vergr. b Die Fruchtschicht bei stärkerer (etwa 400maliger) Vergr., aus größern Sporenständern und kleinern Zwischenzellen bestehend. 1—4 die verschiedenen Zustände der Sporenentwicklung.

4. Die anfänglich rosa, später dunkelbraun gefärbten Sporen treiben unter günstigen Verhältnissen je einen Keimschlauch und rufen eine neue Pflanze ins Leben.

Da die Sporen sehr klein sind (Länge etwa 0,01 mm), können sie vom Winde leicht verweht werden. Der Wind trägt aber sicher viele Sporen an Stellen, wo sie sich nicht entwickeln können. Die Sporen sind jedoch in sehr großer Anzahl vorhanden, es ist also die Möglichkeit, daß wenigstens einige an einen geeigneten Ort gelangen, gegeben. — Welche Mengen von Sporen erzeugt werden, geht daraus hervor, daß die winzigen Körper den farblosen Blättchen der Hutunterseite die ihnen eigene Färbung verleihen. Legt man den Hut eines ausgebildeten Champignons mit der Unterseite auf ein Blatt Papier, so bilden die ausfallenden Sporen oft schon nach wenigen Stunden eine „Zeichnung", die genau die Anordnung der Blättchen widerspiegelt.


Sporen des Champignons (stark vergr.). Eine Spore hat einen Keimschlauch getrieben.

Durch die Ausbildung zahlreicher Blättchen, zwischen die am Hutrande noch kleinere Blättchen eingeschoben sind, wird die Fläche auf der Unterseite des Hutes bedeutend vergrößert. Infolgedessen ist genügend Platz zur Bildung von Millionen von Sporen vorhanden.

Wie erwähnt, löst sich der Schleier mit beginnender Sporenreife vom Hutrande ab. Mithin steht dem Winde jetzt der Zutritt zu den Sporen offen. Da ferner der Hut durch den Stiel über den Erdboden gehoben wird, können die fallenden oder sich lockernden Sporen vom Winde leicht erfaßt werden. — Durch ihre Entstehung auf der Unterseite des Hutes, der wie ein Regendach wirkt, sind die Sporen gegen Feuchtigkeit geschützt.

B. **Fadengeflecht.** Wie leicht zu beobachten ist, entstehen die Pilze als kleine Anschwellungen an weißen Fäden (Hyphen), die den Erdboden wie ein Spinngewebe durchziehen. Selbst der vollkommen ausgebildete Pilz steht mit diesen Fäden in Verbindung Die „Champignons" und das Fadengeflecht oder Pilzlager (Mycelium) sind also Teile derselben Pflanze. Ja, noch mehr!

Wie man besonders deutlich an einer künstlichen Champignonanlage sehen kann, lebt das Fadengeflecht sehr lange im Boden. Hat es eine gewisse Ausdehnung erlangt, dann bringt es „Pilze" hervor. Sobald diese die Sporen ausgestreut haben, vergehen sie; andere sprossen hervor, gehen wieder zugrunde usf.: das Fadengeflecht dagegen wächst weiter. Es gleicht also einem Obstbaume mit zahlreichen Früchten, die bei der Reife abgeworfen werden. In dem Fadengeflechte haben wir mithin die eigentliche Pflanze, den eigentlichen Pilz vor uns, während die „Champignons, Pilze oder Schwämme" nur die Sporen- oder Fruchtkörper dieser Pflanze oder dieses Pilzes sind. Die Pflanze selbst lebt unterirdisch. Ihre Fruchtkörper dagegen werden über den Boden gehoben, wie dies der Verbreitung der Sporen durch den Wind entspricht.

1. Die Fäden bestehen, wie unter dem Mikroskop leicht zu erkennen ist, aus Reihen von Zellen. Mehrere Fäden haben sich hier und da zu dickeren Strängen vereinigt. Stets aber sind sie so zart, daß sie kraftlos zusammensinken, wenn man sie der Erde entnimmt, von der sie allseitig gestützt und getragen werden (vgl. mit Wasserpflanzen und Wassertieren!). Die Fäden des Fruchtkörpers liegen besonders an der Oberfläche sehr eng aneinander, verzweigen und durchflechten sich vielfach, so daß sie trotz ihrer Zartheit imstande sind, einen etwas festeren Körper zu bilden, der sich über den Boden zu erheben vermag.

2. Von Blattgrün finden wir in keinem Teile des Pilzes auch nur eine Spur. Der Champignon vermag daher die Stoffe, die er zum Leben und Wachstum gebraucht, auch nicht selbst zu bereiten. Er entzieht sie durch das Fadengeflecht in fertiger Form dem Boden, in dem pflanzliche und tierische Stoffe faulen: er ist ein Fäulnisbewohner (Saprophyt) oder eine Verwesungspflanze.

In gleicher Weise ernähren sich auch die meisten anderen Hutpilze. Wir treffen sie daher vorwiegend an Orten an, an denen sich faulende Stoffe anhäufen. Dies ist nun ganz besonders im Walde der Fall, dessen Boden ja zumeist von einer dicken Schicht verwesender Stoffe bedeckt ist. Da die Pilze kein Blattgrün besitzen, also auch nicht des Lichtes bedürfen, so finden wir sie selbst an vollkommen dunklen Orten (Beispiele!). Daher benutzt man auch zur Zucht des wertvollen Champignons Keller, Gruben und ähnliche dunkle Räume.

3. Wärme und Feuchtigkeit begünstigen die Fäulnis. Wenn daher im Sommer und Herbste nach Regentagen warme Witterung eintritt, dann ist die Fäulnis im Boden am lebhaftesten. Dann findet auch der Champignon die meiste Nahrung. Darum ist jetzt für ihn auch die Zeit gekommen, seine Sporenträger zu bilden. — Dasselbe gilt auch von den Pilzen des Waldes: Spätsommer und Herbst sind die „Pilz- oder Schwammzeit".

4. Die Fruchtkörper des Champignons gehen nach dem Ausstreuen der Sporen sehr schnell in Fäulnis über, d. h. sie zerfallen in einfachere Stoffe, aus denen die grünen Pflanzen ihren Körper aufbauen. Indem der Champignon „halbzersetzte" Tier- und Pflanzenstoffe aufnimmt und daraus seine schnell vergänglichen Fruchtkörper baut, macht er die in den toten Pflanzen und Tieren aufgespeicherten Stoffe höheren Pflanzen und damit auch den Tieren (Pflanzenfressern; Fleischfressern) bald wieder zugänglich: er beschleunigt also den „Kreislauf der Stoffe" in der Natur. — Eine gleiche Bedeutung im Naturganzen haben alle anderen Hutpilze.

Andere Ständerpilze.

Ein Gang durch Feld und Flur, besonders aber durch den herbstlichen Wald zeigt uns, welche außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Welt der Pilze herrscht. Es können daher hier nur wenige Formen berücksichtigt werden, besonders jene, die dem Menschen zur Speise dienen oder deren Genuß schwere Erkrankung, ja, sogar den Tod im Gefolge hat.

Ein allgemein gültiges Merkmal, durch das sich die giftigen Pilze von den eßbaren unterscheiden, gibt es nicht. Man muß sie

kennen lernen! Auch ist wohl zu beachten, daß ganz harmlose Pilze Vergiftungserscheinungen hervorrufen können, sobald sie in Verwesung übergehen. Darum sollten nur junge Pilze und zwar kurz nach dem Einsammeln verspeist werden.

Je nach dem Orte, an dem sich die sporenbildende Trägerschicht befindet, lassen sich leicht bestimmte Pilzgruppen unterscheiden.

1. **Blätterpilze:** Die „Fruchtschicht" überzieht (wie beim Champignon) senkrecht gestellte „Blätter" der Hutunterseite.

An denselben Stellen, an denen der Feld-Champignon auftritt, aber auch in Wäldern und Gebüschen findet sich sein nächster Verwandter, der weiße **Schaf-Champignon** (Psalliota arvensis). Er ist gleichfalls eßbar und von jenem durch den hohlen Stiel leicht zu unterscheiden. — Diesen beiden Pilzen ist der überaus giftige **Knollenblätterpilz** (Amanita bulbosa; Tafel 2, 1) besonders im Jugendzustande ziemlich ähnlich. Auf seinen Genuß sind die meisten Vergiftungen zurückzuführen. An den weißen Blättern, dem unten angeschwollenen Stiele und dem unangenehmen (rettichähnlichen) Geruch ist er jedoch sicher zu erkennen. Wie man an jungen Exemplaren sehen kann, sind Hut und Stiel anfänglich von einer gemeinsamen Hülle schützend umgeben. Bei fortgesetztem Wachstume wird die Hülle gesprengt und bleibt auf dem gelblichen bis weißen Hute als Fetzen und an dem knolligen Teile des Stieles als häutige Scheide zurück, beides Merkmale, die dem Champignon stets fehlen. — Beim **Fliegenpilz** (A. muscaria; Tafel 2, 2) bilden die Reste der Hülle weiße Flocken auf dem scharlachroten Hute. Dieser gleichfalls giftige Pilz erscheint in Wäldern oft in großer Menge. Früher legte man ihn in Milch und verwendete diese dann zum Töten der Fliegen. — Giftig ist wahrscheinlich auch der **Speiteufel** (Russula emetica), der besonders in Wäldern wächst. Er ist meist von rotbrauner, kirschroter oder blutroter Färbung, besitzt keinen Ring und riecht unangenehm. — An Baumstümpfen bricht der ungenießbare **Schwefelkopf** (Hypholoma fasciculare) hervor. Er ist vorwiegend schwefelgelb und zeigt ausgebildet schwarz-grüne „Blätter". — Unter den eßbaren Blätterpilzen ist der **Gelbling, Pfifferling** oder **Eierpilz** (Cantharellus cibarius; Tafel 1, 2) nächst dem Champignon wohl der wichtigste. Die dottergelbe Färbung und die am Stiel weit hinabwachsenden „Blätter" sind sichere Erkennungszeichen. — Der sehr ähnliche **falsche Gelbling** (C. aurantiacus), den man früher für giftig hielt, unterscheidet sich leicht von ihm durch eine deutliche Orangefärbung. — Hochgeschätzt ist ferner der **echte Reizker** (Lactaria deliciosa; Tafel 1, 3). Er hat einen meist ziegelroten Hut, der mit orangefarbenen oder grünlichen Ringen geziert ist. Bei Verletzungen tropft aus ihm ein rotgelber Milchsaft hervor, während sein „Doppelgänger", der **zottige Reizker** (L. torminosa) verwundet eine weiße, sehr scharf schmeckende Milch absondert. Wird er vorher abgekocht, ist er völlig unschädlich; die frühere Bezeichnung „Giftreizker" ist demnach nicht zutreffend. Eßbar ist auch der **Parasolpilz** (Lepiota procera; Tafel 2, 4), solange er jung ist. Er gleicht anfangs einem Paukenschlegel, breitet dann aber seinen braungeschuppten Hut wie einen Schirm aus („Schirmpilz"). Die oft $^1/_2$ m hohen Gebilde brechen an lichten Waldstellen und auf Grasplätzen aus dem Boden hervor. — Ein Speiseschwamm ist auch das überall häufige **Stockschwämmchen** (Pholiota mutabilis), das einzeln oder in Gruppen aus alten Baumstümpfen hervorbricht und eine vorwiegend lederbraune Färbung zeigt. — Verspeist wird ferner der stattliche **Hallimasch** (Armillaria mellea), dessen honiggelbe bis braune Hüte mit dunkleren, abwischbaren Schüppchen bedeckt sind. Er lebt in Stämmen und Wurzeln von Bäumen und fügt dem Wald oft großen Schaden zu. Das von seinem Fadengeflecht durchzogene Holz leuchtet im Dunkeln.

2. **Röhrenpilze.** Die „Fruchtschicht" überzieht die Wandungen von Röhren oder Löchern.

Wie uns der **Steinpilz** (Boletus edulis; Tafel 1, 4) zeigt, erscheint bei den Pilzen dieser Gruppe die Unterseite des Hutes fein gelöchert. Die Löcher sind die Mündungen enger

Röhren, die sich als dicke Schicht vom „Fleische" des Hutes abtrennen lassen, und die innen mit der „Fruchtschicht" ausgekleidet sind. Der wertvolle Speisepilz ist ein Waldbewohner. Er hat einen knolligen, hellbräunlichen Stiel und einen mattbraunen Hut. Die anfangs weiße Röhrenschicht wird später gelblich und schließlich grünlich. — Im Walde finden sich zahlreiche andere Röhrenpilze, die dem Steinpilze sehr ähnlich sind. Von ihnen sind alle die eßbar, deren Stiel einen Ring hat, und von den ringlosen Arten wieder diejenigen, die beim Zerbrechen nicht sofort die Farbe ändern. — Überaus giftig ist der **Satanspilz** (B. Satanas), der einen gelben, blutrot gefleckten Stiel und eine gleichfalls blutrote Röhrenschicht besitzt. Er tritt in vielen Gegenden nur sehr vereinzelt auf. Sein Fleisch wird beim Durchschneiden rötlich und schließlich dunkelblau.



Habichtschwamm (verkl.).

An Baumstämmen finden sich häufig die vorspringenden, festen und widerstandsfähigen Fruchtkörper von Pilzen, deren Fadengeflecht im Holz der Bäume schmarotzt und dieses nach und nach zerstört. Von diesen Pilzen wird besonders der **Feuerschwamm** (Polyporus fomentarius; Tafel 2, 5) zur Herstellung des leicht brennbaren Zunders benutzt. — Ein Röhrenpilz ist auch der berüchtigte **Hausschwamm** (Merulius lacrymans), dessen Fadengeflecht das Holzwerk der Häuser nicht selten gänzlich zerstört. Da er wie alle Pflanzen ohne Wasser nicht leben kann, so darf nur trockenes Holz zum Bauen verwendet und in den Gebäuden eine sorgfältige Lüftung nie verabsäumt werden.



Gelber Ziegenbart (verkl.).

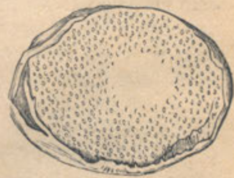
3. **Stachelpilze:** Die „Fruchtschicht" überzieht stachelartige Auswüchse.

Dies ist leicht am **Habichtschwamme** oder **Rehpilze** (Hydnum imbricatum) zu sehen, der fast in jedem Nadelwalde vorkommt. Die kleinen Stacheln finden sich auf der Unterseite des schokoladebraunen Hutes, der oben mit großen Schuppen bedeckt ist. Auch der **Semmelpilz** oder **Stoppelschwamm** (H. repandum) wird besonders in jungen Exemplaren gern gesammelt. Seine gelblichen Hüte verschmelzen oft miteinander.. Keine Art der Gruppe ist giftig.

4. **Keulenpilze:** Die sporenbildende Schicht überkleidet die Oberseite der keulen- oder korallenförmigen Fruchtkörper.

Die Pilze dieser Gruppe sind jung sämtlich eßbar. Am meisten wird der **gelbe Ziegenbart, Korallenpilz** oder **Hahnenkamm** (Clavaria flava) geschätzt, dessen gelbe, vielfach verzweigte Fruchtkörper zierlichen Korallenstöcken gleichen (Namen!). Er findet sich im Laub- und Nadelwalde.





Eierbovist, von außen und durchschnitten (verkl.).

5. **Bauchpilze:** Die „Fruchtschicht" überzieht die Wände von Hohlräumen oder Kammern im Innern der Fruchtkörper.

Das Innere eines jungen **Bovist** (Bovista) ist, wie das Mikroskop zeigt, gekammert; die Wände der Hohlräume sind dicht mit sporenbildenden Ständern besetzt. Sind die Sporen reif,

so reißt die äußere Hülle an der Spitze auf, so daß der Wind das braune Sporenpulver verwehen kann. Jung sind die Boviste, die sich als weiße Kugeln häufig auf Wiesen finden, eßbar. Von den zahlreichen Arten ist hier der **Eierbovist** (B. nigrescens) und auf Tafel 2, 6 der **Flaschenbovist** (Lycoperdon gemmatum) abgebildet. — Als giftig gilt allein der **Kartoffelbovist** (Scleroderma vulgare), der vielfach auf Sandboden vorkommt. Die festen Fruchtkörper haben das Aussehen von Kartoffelknollen, sind innen zuletzt aber ganz schwarz. Betrügerischerweise sind sie daher nicht selten den Trüffeln beigemengt worden.

Gemeinsame Merkmale. Die **Ständerpilze** besitzen ein mehrzelliges Fadengeflecht. Die Sporen bilden sich (gewöhnlich in einer Anzahl von je vier) auf verschieden geformten Ständern (Basidien).

2. Unterklasse. Schlauchpilze (Ascomycetes).

1. Während der Frühlingsmonate brechen in Wäldern, auf Wiesen und in Gärten Fruchtkörper von Pilzen aus dem Boden, die wesentlich anders aussehen als die der bisher betrachteten Arten. Es sind die überall hochgeschätzten, schmackhaften **Morcheln** (Morchella). Auf einem Stiele erhebt sich — je nach der Art — ein kegelförmiger oder abgerundeter Hut von meist grauer bis brauner Färbung. Die Oberfläche des hohlen und sehr brüchigen Hutes ist durch netzartige Rippen in zahlreiche Gruben geteilt. Die auf Tafel 1, 5 abgebildete Form ist die **Spitz-Morchel** (M. conica).

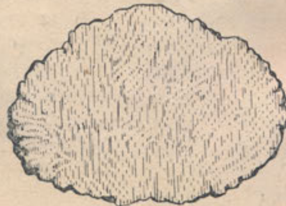


Teil aus der Fruchtschicht einer Morchel. Drei Schläuche und drei Zwischenzellen.

Stellt man durch die Wand des Hutes dünne Querschnitte her, so sieht man bei Anwendung des Mikroskops, daß die grubigen Vertiefungen außen mit einer „Fruchtschicht" überkleidet sind. Die Sporen werden hier aber nicht wie beim Champignon und seinen Verwandten an der Spitze von Ständern, sondern im Innern langgestreckter, schlauchartiger Zellen gebildet. Zwischen den „Schläuchen", in denen wir je 8 Sporen zählen, beobachten wir wie beim Champignon zahlreiche unfruchtbare „Zwischenzellen". Bei der Reife schwellen diese Gebilde stark an, so daß sie einen Druck auf die Schläuche ausüben. Da sich diese jetzt nun an der Spitze geöffnet haben, werden die Sporen mit einer



1



2



3

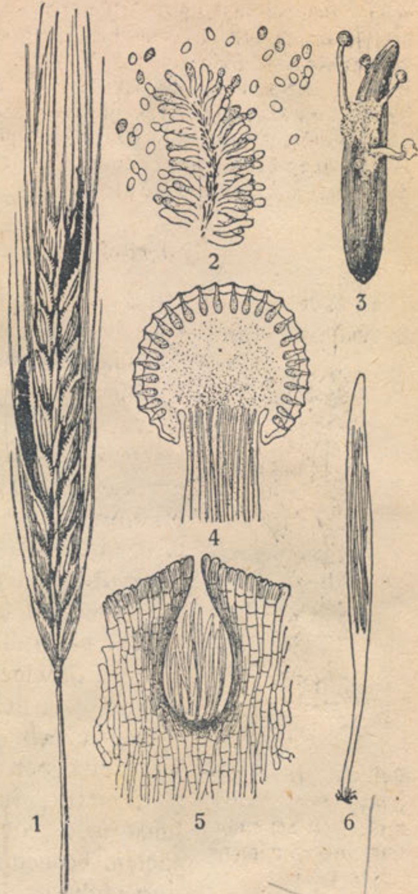
Trüffel: 1 von außen, 2 im Durchschnitt (nat. Gr.). 3 Drei Schläuche, von denen 2 je 4 Sporen enthalten (Vergr. etwa 450 mal).

gewissen Gewalt herausgeschleudert und somit dem Winde überantwortet, der ihre Verbreitung besorgt.

Als „Morchel" kommt vielfach auch die ganz ähnliche **Speise-Lorchel** (Gyromitra esculenta; Taf. 1, 6) in den Handel. Sie wächst in Nadelwäldern. Ihr gelappter Hut zeigt zahlreiche „darmartige" Auftreibungen. Nach mehrtägigem Regen gesammelt hat sie nicht selten Vergiftungen hervorgerufen.

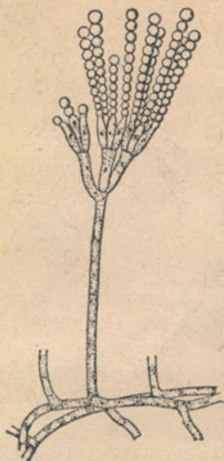
2. Viel höher noch als die Morcheln werden die **Trüffeln** (Tuber) geschätzt. Es sind dies die Fruchtkörper von Pilzen, deren Fadengeflecht den Waldboden durchzieht. Sie haben das Aussehen von Kartoffelknollen und besitzen im Innern zahlreiche Hohlräume, deren Wände mit Sporenschläuchen bedeckt sind. Da die Trüffeln stets unterirdisch bleiben, können die Sporen auch nur durch wühlende Tiere verbreitet werden (Wildschwein, Dachs, Mäuse, Regenwürmer u. a.). Die Verbreitung der Sporen wird dadurch erleichtert, daß die Trüffeln fleischige, saftige Gebilde sind, die von den Tieren gern aufgesucht und verzehrt werden. Ein auffallend starker Duft verrät den Tieren die Nähe der Trüffeln. Die Sporen sind mit stacheligen Erhöhungen bedeckt, so daß sie ihren Verbreitern leicht anhaften. Um die begehrten Fruchtkörper zu finden, bedient man sich abgerichteter Schweine oder Hunde. Die wertvollen Trüffelpilze bewohnen vorwiegend Eichen- und Buchenwälder im westlichen Deutschland. Die meisten Trüffeln kommen jedoch aus Südfrankreich und Italien zu uns.

3. In den Ähren verschiedener Gräser, besonders des Roggens, findet man nicht selten schwärzliche, große Körper, die als Mutterkorn bezeichnet werden. Sie verdanken ihre Entstehung einem Pilze, dem **Mutterkornpilze** (Claviceps purpurea), der eine sehr merkwürdige Entwicklung durchläuft. Im Frühjahre durchziehen die Fäden dieses Pilzes einen oder mehrere Fruchtknoten der Roggenähre und erzeugen zahlreiche sehr kleine Sporen. Die erkrankten Fruchtknoten geben sich leicht dadurch zu erkennen, daß sie einen süßen Saft ausscheiden. Insekten, die diesen sogen. Honigtau lecken, beladen sich daher mit Sporen und verbreiten die Krankheit immer weiter. (Vgl. den Honigtau mit den Lockmitteln der Blüten und Früchte!) Wenn der Roggen reift, geht dem Schmarotzer aber die Nahrung aus (wieso?). Dann legen sich die Pilzfäden eng zusammen und wachsen zu einem schwärzlichen Körper aus: das ist das fast holzharte Mutterkorn, das die Unbilden des Winters leicht übersteht. Auf oder in dem Ackerboden liegt es unverändert



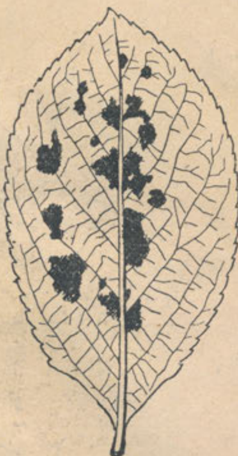
Mutterkornpilz und seine Entwicklung. 1 Roggenähre mit Mutterkorn (verkl.). 2 Pilzfäden, die Sporen abschnüren (etwa 300 mal vergr.). 3 Mutterkorn mit Fruchtkörpern (nat. Gr.). 4 Längsschnitt durch das Köpfchen eines Fruchtkörpers mit zahlreichen flaschenförmigen Höhlen (12 mal vergr.). 5 Eine solche Höhle mit Sporenschläuchen (60 mal vergr.). 6 Ein Sporenschlauch mit 8 Sporen (100 mal vergr.).

bis zur Zeit der nächsten Roggenblüte. Dann treibt es eine Anzahl langgestielter rötlicher Fruchtkörper von der Größe eines Stecknadelkopfes, die in flaschenförmigen Höhlungen zahlreiche Sporenschläuche erzeugen. Die aus den Schläuchen hervortretenden, langgestreckten Sporen werden durch den Wind verweht, gelangen teilweis auf Fruchtknoten und rufen die Krankheit von neuem hervor. Der Landmann bringt mit dem Mutterkorne also einen gefährlichen Feind auf seinen Acker. Da es zudem ein heftiges Gift enthält, das, im Brote genossen, schon oft schwere Erkrankungen hervorgerufen hat, sollte es aus dem eingeernteten Getreide sorgfältig entfernt werden. In der Hand des erfahrenen Arztes dagegen ist es ein wichtiges Heilmittel.



Pinselschimmel (etwa 300 mal vergr.).

4. Brot, eingemachte Früchte, Fleischwaren, Tinte usw. werden von dem gemeinsten aller Schimmelpilze, dem **Pinsel-** oder **Brotschimmel** (Penicillium crustaceum) oft wie mit einer blaugrünen Decke überzogen. Durch Sauerstoffzufuhr befördert er die Verwesung, die für sein Wachstum notwendig ist. Bringt man ein wenig „Schimmel" unter das Mikroskop, so sieht man ein Fadengeflecht, aus dem sich senkrechte Fäden erheben. Sie teilen sich an der Spitze wiederholt und schnüren an den Enden zahlreiche blaugrüne Sporen ab, so daß das Ganze wie ein kleiner Pinsel erscheint. Da die winzigen Sporen leicht verweht werden und es an Nahrung für den Pilz nirgends fehlt, so ist der ungebetene Gast auf der ganzen Erde zu finden.

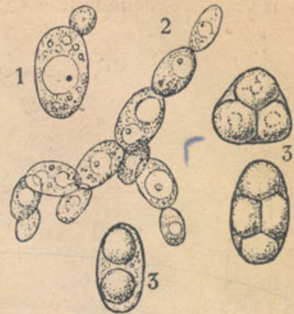


Schorfkrankes Blatt des Birnbaumes.

Die Blätter der Getreidearten, Hülsenfrüchtler, Rosen und vieler anderer Pflanzen sind nicht selten gleichfalls wie mit Schimmel überzogen: das ist das Fadengeflecht der **Meltaupilze** (Erysiphe). Von diesen spinnengewebeartigen Fäden dringen Fortsätze in das Innere der Blätter ein. Da sie diesen Nahrung entziehen, fügt der Schmarotzer den befallenen Gewächsen oft großen Schaden zu. Von den Fäden erheben sich andrerseits auch Seitenzweige, die an ihrer Spitze Sporen abschnüren. Wenn diese winzigen Körperchen durch den Wind verweht werden, gelangt der Pilz auf andere Pflanzen. Doch gibt es außerdem, wenn auch nur selten, eine geschlechtliche Fortpflanzung, indem an benachbarten Fäden je ein männliches und weibliches Organ (Antheridium und Oogonium) entsteht. — Einer der gefährlichsten Meltaupilze ist der bereits früher (H. II S. 55) erwähnte **Rebenmeltau** (Uncinula necator), von dem bis vor kurzem nur die ungeschlechtliche Form (Oidium Tuckeri) bekannt war. — Auf den Blättern und Früchten des Apfel- und Birnbaumes erscheint oft ein schwarzer **Schorf**, der ebenfalls das Werk eines Schlauchpilzes (Fusicladium) ist. Da die erkrankten Blätter die ihnen obliegenden Arbeiten nur unvollkommen verrichten können, bleiben die Früchte klein und fallen vorzeitig ab. — Auch die als Taschen oder Narren bekannten Mißbildungen bei Zwetschgen werden durch einen Schlauchpilz (Taphrina pruni) verursacht.

Getreideblatt mit Meltau.

5. Zerteilt man ein Körnchen Preßhefe in Wasser, so bemerkt man mit Hilfe des Mikroskops darin Tausende von farblosen, kugeligen Zellen, von denen jede ein „Pflänzchen" der **Bierhefe** (Saccharomyces cerevisiae) darstellt. Bringt man etwas Preßhefe in eine zuckerhaltige Flüssigkeit, so vermehrt sich die Hefenmasse sehr stark: an den Zellen bilden sich Ausstülpungen, die größer werden und sich schließlich von der Mutterzelle abtrennen. Erfolgt eine solche Abschnürung nicht und treiben die Tochterzellen abermals Zellen, so entstehen Zellkolonien. Gleichzeitig entsteigt der Flüssigkeit unter Schäumen und Brausen Kohlensäure (Nachweis durch Kalkwasser!) und der süßliche Geschmack verliert sich immer mehr. Dafür stellt sich der bekannte Spiritus- oder Alkoholgeruch ein: die Bierhefe hat den Zucker in Alkohol und Kohlensäure gespalten („alkoholische Gärung"). Auf dieser Fähigkeit der Bierhefe beruht das Brauen des Bieres sowie die Herstellung des Branntweines. Getrocknet („Preßhefe") wird der Pilz namentlich beim Backen von Kuchen verwendet. Alkohol und Kohlensäure, die hierbei gleichfalls gebildet werden, treiben die zähen Teigmassen auseinander, so daß ein lockeres, bekömmliches Gebäck entsteht. Unter bestimmten Verhältnissen spaltet sich der Inhalt jeder Zelle in meist 4 Sporen. Da diese sehr dicke Wände besitzen, vermögen sie besonders der Trockenheit zu widerstehen. Die Sporenbildung ist also ein Mittel, durch das sich der Pilz vor dem Untergange schützt. Im Freien kommt die Bierhefe nicht vor. Sie ist eine uralte „Kulturpflanze" von unbekannter Herkunft. — Ihres Eiweißgehaltes wegen wird die Bierhefe in getrocknetem Zustand auch als Nährmittel für den Menschen verwendet.



Bierhefe: 1 Eine Zelle mit einer Ausstülpung. 2 Eine Kolonie von Zellen. 3 Drei Zellen mit Sporen. (1 u. 2 etwa 800 mal, 3 etwa 1000 mal vergr.).

Die **Weinhefe** (S. ellipsoideus) lebt auf den Schalen der Weinbeeren. Sie kommt mit diesen in die Kelter, so daß der Most „von selbst" gärt. — Beim Backen des Schwarzbrotes verwendet man schon seit den ältesten Zeiten einen gärenden Mehlteig, den sogen. Sauerteig, der von zahlreichen Hefe- und Spaltpilzarten bevölkert ist. Er bewirkt bekanntlich das „Aufgehen" sowie das Sauerwerden des Brotteiges. Ersteres ist auf die oben erwähnte Entwicklung von Alkohol und Kohlensäure, letzteres wahrscheinlich auf die Tätigkeit von Spaltpilzen zurückzuführen.

Gemeinsame Merkmale. Die **Schlauchpilze** besitzen ein mehrzelliges Fadengeflecht. Die Sporen bilden sich im Innern schlauchartiger Zellen.

3. und 4. Unterklasse. Rost- und Brandpilze (Uredinaceae und Ustilaginaceae).

1. Rostpilze. An den Getreidearten sowohl wie auf wildwachsenden Gräsern findet man vom Juni ab nicht selten gelbe, braune oder schwarze Flecken und Streifen, die wie Rostflecken aussehen (Name!). Die mikroskopische Betrachtung dünner Querschnitte zeigt uns, daß Blätter und Stengel dieser Pflanzen von zahlreichen Pilzfäden durchzogen sind, die hier und da die Oberhaut durchbrechen, ins Freie treten


Birnenrost. Blatt des Birnbaumes mit zahlreichen „Bechern". Daneben ein noch geschlossener „Becher" (vergr.).

und daselbst je eine dünnwandige Spore abschnüren. Die Sporenmassen, die dem unbewaffneten Auge als jene Rostflecke erscheinen, befinden sich also im Bereiche ihres Verbreiters, des Windes. Da sich der Pilz auf Kosten seines „Wirtes" ernährt, verkümmern die befallenen Pflanzen oder gehen wohl gar zugrunde.



Getreiderost: 1 Rostkrankes Getreideblatt. 2 Sommersporen (Vergr. 100 mal). 3 Wintersporen (Vergr. 100 mal). 4 Zwei Wintersporen. Die obere Spore beginnt einen Pilzfaden zu treiben; an dem vollkommen entwickelten Faden der untern Spore haben sich 4 Frühjahrssporen gebildet (Vergr. 120 mal). 5 Berberitzenblätter mit „Becherchen". 6 Ein Becherchen von der Unterseite des Berberitzenblattes; mehrere Bechersporen haben sich bereits abgelöst (Vergr. 40 mal).

Die Rostkrankheiten des Getreides werden nun von verschiedenen Pilzen hervorgerufen, unter denen als Hauptverwüster der echte **Getreiderost** (Pucinia graminis) hervorragt. Hat er sich einmal auf einem Felde eingefunden, so verbreiten seine gelben, roten oder hellbraunen Sporen die Krankheit schnell weiter. Wenn das Getreide zu reifen beginnt, treten in den Rostflecken dunkelbraune Sporen auf, die vermöge ihrer dicken Wände leicht überwintern können. Die zuerst erzeugten dünnwandigen Sporen, die hierzu nicht imstande sind, bezeichnet man daher zum Unterschiede von diesen Wintersporen als Sommersporen. Im nächsten Frühjahr treiben die Wintersporen, die immer zu zweien vereinigt sind, je einen kurzen Pilzfaden, der einige farblose Frühjahrssporen hervorbringt. Werden die winzigen Gebilde verweht und gelangen sie auf die Blätter der Berberitze, so „keimen" sie. Der Keimschlauch dringt in die Blätter ein und erzeugt ein Fadengeflecht, an dem auf der Blattunterseite bald kleine, rotgelbe „Becherchen" entstehen. In ihnen bilden sich „Bechersporen", die wieder durch den Wind davongetragen werden. Fallen sie auf Getreide, so rufen sie die Krankheit von neuem hervor. Da die



1 Knollenblätterpilz.



2 Fliegenpilz.



3 Hallimasch.



4 Parasolpilz.



5 Feuerschwamm.



6 Flaschenbovist.

Berberitze im Leben des Schmarotzers also eine wichtige Rolle spielt, so darf sie in der Nähe von Getreidefeldern auch nicht geduldet werden. Auch ohne die Berberitze kann aber das Getreide rostkrank werden, wenn das im Herbste ausgesäte Wintergetreide von Sommersporen befallen ist. Durch „Beizen" des Saatgetreides mit Kupfervitriollösung werden die Sporen der Rostpilze getötet, ohne daß eine schädliche Einwirkung auf die Getreidekörner eintritt.



Flugbrand: 1 auf Hafer, 2 auf Roggen (auch Halm und Blätter sind von dem Schmarotzer befallen), 3 u. 4 auf Gerste. Bei der in Fig. 3 dargestellten Flugbrandart gelangen die Sporen erst später ins Freie, wenn die „Haut" der Gerstenkörner zerreißt.

Weizenähre mit Schmierbrand. Daneben ein zerbrochenes Korn.

Ein anderer, sehr gefährlicher Schädling ist der **Birnenrost** (Gymnosporangium sabinae), der auf den Blättern des Birnbaumes „Becher" und auf dem Sadebaume die anderen Entwicklungszustände bildet. — Der **Erbsenrost** (Uromyces pisi) wandert von der Zypressen-Wolfsmilch auf die Blätter der Erbsen und anderer Schmetterlingsblütler. — Andere Rostpilze vollenden wieder ihre ganze Entwicklung auf ein und derselben Pflanze.

2. Die Brandpilze sind gleichfalls Schmarotzer höherer Pflanzen und zwar vorzugsweise der Gräser. Das Fadengeflecht durchzieht die ganze Wirts-

pflanze, die Bildung der Sporen erfolgt nur an einer bestimmten Stelle in der Blüte, im Stengel usw. Die Sporen, welche durch den Wind verbreitet werden, bilden dunkle Massen (Brandpilze).

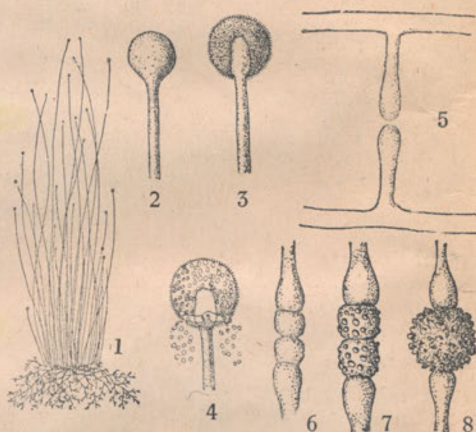
Am häufigsten ist der **Flug-** oder **Staubbrand** (Ustilago-Arten), der die Früchte besonders des Hafers, der Gerste und des Weizens zerstört. — Andere Brandpilze verursachen den **Schmierbrand** (Tilletia-Arten): die Getreidekörner scheinen äußerlich unversehrt; innen aber sind sie mit einer schwarzen, übelriechenden und schmierigen Sporenmasse (Name!) angefüllt.

Gemeinsame Merkmale. Die **Rost- und Brandpilze** sind zumeist Schmarotzer höherer Pflanzen. Sie besitzen ein mehrzelliges Fadengeflecht. Ihre Sporenmassen bilden an der Wirtspflanze rostartige Stellen oder lassen gewisse Teile von ihr wie verbrannt erscheinen.

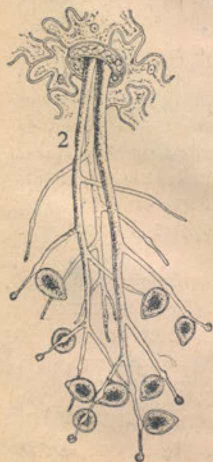
5. Unterklasse. Algenpilze (Phycomycetes).

Der **Köpfchenschimmel** (Mucor) bildet sich als weißer Überzug auf feuchtem Brot und andern organischen Stoffen. Wie das Mikroskop zeigt, besteht das Geflecht aus Fäden, die nicht durch Querwände geteilt sind. Demnach werden sie wie der Körper der Schlauchalge von einer einzigen, allerdings vielfach verzweigten Zelle gebildet (Algenpilze!).

Von diesen Fäden gehen Seitenzweige aus, die an ihrem Ende köpfchenförmige Sporenkap-



Köpfchenschimmel. S. Text.





Kartoffelpilz: 1 erkrankte Kartoffelblätter; 2 Sporenträger des Kartoffelpilzes, die aus einer Spaltöffnung des Kartoffelblattes hervortreten (etwa 150mal vergr.).

seln (Sporangien) tragen (1, 2). In deren Innerem entstehen zahreiche **Sporen** (3), die durch Platzen der Wandung frei werden (4). Außer dieser ungeschlechtlichen Vermehrung gibt es noch eine geschlechtliche Fortpflanzung durch **Konjugation**. Dabei gehen aus benachbarten Zweigen kurze Seitenäste (5) hervor, deren keulenförmige Endabschnitte sich aneinanderlegen und durch Querwände abschnüren (6 u. 7). Dann verschmilzt der Inhalt beider Zellen zu einer sehr dickwandigen Spore (8), die nach längerer Ruhe „keimt".

Der **Kartoffelpilz** (Peronospora infestans) ruft die gefürchtete Kartoffelfäule hervor. Die ganze Pflanze ist dann von dem Fadengeflecht des Pilzes durchwuchert. Einzelne Äste des Geflechtes treten wie ein zarter Schimmel aus den Spaltöffnungen an der Unterseite der Blätter ins Freie, verzweigen sich und schnüren Sporen ab, die, vom Winde verweht, die Krankheit schnell über das Feld verbreiten. Die oberirdischen Teile der befallenen Pflanzen bekommen schwarzbraune Flecke und sterben vorzeitig ab. Daher bleiben die Knollen klein. Werden sie selbst von der Krankheit erfaßt, so erhalten sie auch braune Flecke und verwandeln sich schließlich in eine jauchige, übelriechende oder in eine trockene, bröckige Masse (nasse und trockene Fäule). Will man sich gegen den gefährlichen Feind schützen, so muß man zur „Aussaat" nur vollkommen gesunde Knollen nehmen sowie alle erkrankten von dem Felde entfernen und sorgfältig vernichten. — Ein anderer, gleichfalls sehr schädlicher Algenpilz ist der sogen. **falsche Rebenmeltau** (Plasmopara viticola), dessen bereits H. II. S. 55 gedacht worden ist. — Im Wasser findet sich z. B. auf toten Insekten der **Wasserschimmel** (Saprolegnia). Dieser Pilz siedelt sich vielfach auch auf den Kiemen der Fische an, so daß die Tiere schließlich zugrunde gehen. — Der **Fliegenschimmel** (Empusa muscae) tötet im Herbste große Mengen von Stubenfliegen. Man findet die Tiere dann an den Wänden und Fenstern kleben und von einem Kranze fortgeschleuderter, weißer Sporen umgeben, durch die die Krankheit schnell weiter verbreitet wird.



Falscher Rebenmeltau. Aus einer Spaltöffnung des Weinblattes sind mehrere Sporenträger hervorgewachsen (stark vergr.).



Wasserschimmel. 1 Kieme eines Weißfisches mit den Fäden des Pilzes. 2 Enden dreier Fäden, die Entstehung der Sporenkapseln und das Ausschwärmen der Sporen zeigend.

Gemeinsame Merkmale. 1. Bei den **Algenpilzen** besteht das Fadengeflecht nur aus einer einzigen, meist stark verzweigten und oft sehr großen Zelle.

2. Die Ständer-, Schlauch-, Rost-, Brand- und Algenpilze bilden die Klasse der **Fadenpilze**, die sich durch den Besitz eines Fadengeflechts auszeichnen.

2. Klasse. Spaltpilze oder Bakterien (Schizomycetes).

A. **Vom Bau der Spaltpilze.** 1. Verteilen wir von dem weißen Belage unserer Zähne ein wenig in einem Wassertropfen, so erblicken wir bei starker

mikroskopischer Vergrößerung zahlreiche Spaltpilze oder Bakterien. Die farblosen Gebilde sind die kleinsten Lebewesen, die wir kennen; erreichen doch viele von ihnen nicht einmal $^1/_{1000}$ mm an Länge.


Spaltpilze aus dem Belage der Zähne (etwa 750 mal vergr.).

2. Die Spaltpilze sind aus je einer einzigen Zelle gebildet. Sie können verschiedene Formen aufweisen. Neben der Kugelgestalt findet sich hauptsächlich die eines kürzeren oder längeren Stäbchens. Daneben treten meist auch Spaltpilze auf, die mehr oder weniger gekrümmt oder gar korkzieherartig gewunden sind. Die kugeligen Formen bezeichnet man als Kokken, die Kurzstäbchen als Bakterien (im engeren Sinn) und die Langstäbchen als Bazillen.

3. Die kleinen Spaltpilze unseres Präparates sind in lebhafter Bewegung. Einige drehen sich um sich selbst, schwimmen dabei gleichzeitig ein Stück vorwärts und wieder zurück; andere zeigen ein eigentümliches Zittern und die gewundenen schrauben sich hurtig durch das Wasser. Bei starker Vergrößerung erkennt man auch die Werkzeuge der Bewegung: es sind fadenförmige Anhänge der Zellhaut, sog. Geißeln, die regelmäßige Schwingungen oder Drehungen ausführen. Es gibt aber auch zahlreiche Spaltpilze, die sich nicht bewegen. — Ähnliche Beobachtungen wie in unserem Beispiel kann man auch machen, wenn man einen Tropfen einer Flüssigkeit, in der tierische oder pflanzliche Stoffe faulen, untersucht.


Spaltpilze mit Geißeln.

4. Steht den Spaltpilzen genügend Nahrung und Wärme zur Verfügung (s. Abschn. C 1), so vermehren sie sich außerordentlich schnell, indem sie sich teilen. Bleiben die „Teilstücke" im Zusammenhange, so entstehen nicht selten kleine Ketten oder längere Stäbe. Die Vermehrung erfolgt nun bei günstigen Bedingungen mit einer unglaublichen Schnelligkeit. So fand man z. B. bei der Untersuchung von Kuhmilch folgende Zahlen: Zwei Stunden nach dem Melken enthielt jedes ccm Milch 9000, eine Stunde später bereits 31 750 und nach 25 Stunden nicht weniger als 5 600 000 Spaltpilze.


Spaltpilze mit Sporen (etwa 500 mal vergr.).

5. Verdunstet die Flüssigkeit, in der die Spaltpilze leben, oder geht ihnen die Nahrung aus, so verdichtet sich der Inhalt der Zelle und umgibt sich mit

einer dicken Hülle: es ist eine Spore entstanden. Nach Zerfall der Zellwände werden die Sporen frei. Geraten sie nach Monaten oder Jahren wieder in günstige Lebensbedingungen (Feuchtigkeit, Nahrung, Wärme!), so gehen aus ihnen wieder Spaltpilze hervor. Es gibt aber auch zahlreiche Arten, die ohne Sporen zu bilden ein gänzliches Austrocknen vertragen können. Die winzigen Gebilde werden in trockenem Zustande nun leicht vom Winde emporgewirbelt und verweht. Als unsichtbarer Staub schweben sie überall in der Luft und kehren mit anderen Staubteilchen wieder zur Erde zurück. Die „Keime" der Spaltpilze finden sich daher auf jedem Gegenstande, in jedem Gewässer, kurz: sie sind geradezu „allgegenwärtig".

B. **Von der Tätigkeit der Spaltpilze.** 1. Die Spaltpilze entbehren wie alle anderen Pilze des Blattgrüns. Sie sind daher ebenfalls auf „fertige" Nahrung angewiesen, die sie zumeist faulenden Tier- und Pflanzenstoffen entnehmen. Da sich nun ihre Keime fast überall finden, treffen wir sie auch stets da an, wo Fäulnis stattfindet.

Die Spaltpilze sind aber weit mehr als Fäulnisbewohner. Um dies zu erkennen, nehmen wir zwei Glaskolben mit etwas Wasser, in das wir irgend einen Tier- oder Pflanzenstoff legen. Während wir den Inhalt des einen Kolbens unverändert lassen, kochen wir den des zweiten längere Zeit hindurch. Dadurch werden in diesem Kolben alle Spaltpilze oder deren Keime getötet; denn sie vermögen ebensowenig wie andere Lebewesen der Siedehitze zu widerstehen. Sobald wir das Kochen einstellen, verschließen wir den Kolben durch einen Wattepfropf, den wir unmittelbar zuvor über einer Flamme abgesengt haben. Während der Inhalt des ersten Kolbens bald in Fäulnis übergeht, bleibt der des zweiten unverändert. Sobald wir von ihm aber den Pfropf nur kurze Zeit abnehmen, so daß Spaltpilze oder deren Keime aus der Luft hineinfallen können, tritt in ihm gleichfalls Fäulnis ein. Die Spaltpilze sind also nicht nur Bewohner, sondern auch Erreger der Fäulnis. Ohne Spaltpilze würde es daher keine Fäulnis geben.


Tuberkulose.


Typhus.


Diphtherie.


Lungenentzündung.


Influenza.


Cholera.


Pest.


Milzbrand.

Bakterien, die beim Menschen gefährliche Krankheiten hervorrufen (1000 mal vergr.).

Nehmen wir an, dieses wäre der Fall! Dann würden ungezählte Millionen von Tier- und Pflanzenleichen den Erdboden bedecken und alle Gewässer wären mit toten Körpern erfüllt. Kein Fleckchen Erde wäre vorhanden, auf dem noch eine Pflanze wachsen könnte, und mit dem Pflanzenleben wäre das Tier- und Menschenleben längst erloschen. Die Spaltpilze sind es, die den Zerfall der abgestorbenen Körper bewirken: sie machen also die Baustoffe, die nur in beschränktem Maße vorhanden sind, für neues Leben immer wieder frei; sie bewirken den ewigen „Kreislauf des Stoffes" in der Natur.

Gewisse Spaltpilze des Bodens, die Salpeterbakterien, führen die in dem frischen Dünger enthaltenen Stickstoffverbindungen in salpetersaure Salze über und machen sie dadurch erst löslich und für die Pflanzen als Baustoffe brauchbar. Das ist für den Ersatz der mit jeder Ernte dem Acker entzogenen Mengen von Stickstoffverbindungen um so wichtiger, als die Pflanzen im allgemeinen nicht die Fähigkeit besitzen, der Luft den Stickstoff zu entnehmen. Nur die Wurzelbakterien in den Knöllchen der Schmetterlingsblütler und auch noch andere, frei im Boden lebende Spaltpilze (und Schimmelpilze) können den Stickstoff der Luft aufnehmen (Stickstoffbakterien).

2. Wiederholen wir den oben beschriebenen Versuch, bringen aber etwas Bier oder Wein in den Glaskolben, dann werden wir finden, daß nach einigen Tagen die Flüssigkeit in dem offenen Gefäße sauer geworden ist: ihr Alkohol ist in Essig umgewandelt. Diese Veränderung wird ebenso wie die Einwirkung der Hefe auf zuckerhaltige Flüssigkeiten (vgl. S. 23) als Gärung bezeichnet. Durch den Versuch ist nachzuweisen, daß hier Spaltpilze die Ursache des Gärungsvorganges sind. — Auf der Tätigkeit anderer Spaltpilze beruht z. B. das Sauerwerden der Milch, der Gurken, des Sauerkrauts, aber auch der eingemachten Früchte und Gemüse. Durch die Einwirkung von Spaltpilzen erhalten ferner Tabak, Kakao und chinesischer Tee erst den Duft und Wohlgeschmack, den man an ihnen so hochschätzt.



Bakterienkolonien auf Nährgelatine. Sie sind aus Keimen hervorgegangen, die in einem (der Nährgelatine zugesetzten) Tropfen unreinen Trinkwassers enthalten waren ($^1/_2$ nat. Gr.). (Bem.: Jedes helle Pünktchen und Fleckchen ist eine Kolonie.)

3. Wie alle Pflanzen ohne Blattgrün (Beispiele!) entnehmen auch zahlreiche Spaltpilze die notwendige „fertige" Nahrung anderen Lebewesen. Diese Schmarotzer dringen besonders in den Körper der Tiere und Menschen ein. Dort vermehren sie sich oft außerordentlich schnell, erzeugen heftige Gifte und rufen daher Erkrankungen hervor, die vielfach mit dem Tode endigen. Von diesen Krankheiten seien hier nur genannt: die Schwindsucht oder Tuberkulose, der Unterleibstyphus, die Diphtherie, die Lungenentzündung und die Influenza, die alljährlich viele blühende Menschenleben hinwegraffen, die Cholera und die Pest, die in Ostasien heimisch und schon mehrmals über unser Vaterland dahingezogen sind, der Rotlauf der Schweine und die Pest der Rinder sowie endlich der Milzbrand, der ganze Haustierherden vernichtet und selbst den Menschen nicht verschont.

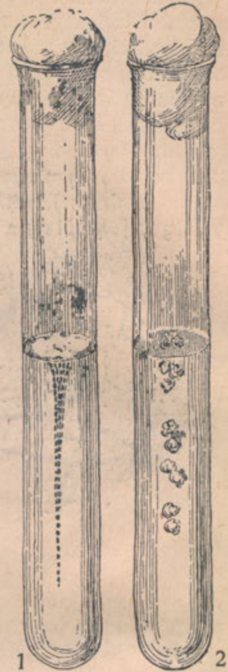
C. **Von unserm Verhalten gegen die Spaltpilze.** 1. Gegen unsre Mitarbeiter. Den Spaltpilzen, die uns wichtige Dienste leisten, werden wir wie allen andern Nutzpflanzen möglichst günstige Lebensbedingungen schaffen. Im allgemeinen sagt den Spaltpilzen eine Temperatur von 25—30° C am meisten zu, die Vermehrung erfolgt dann sehr schnell. Daher stellt man z. B. Gurken, wenn sie schnell sauer werden sollen, an einen warmen Platz und verfährt in vielen anderen Fällen ähnlich.

2. Gegen unsre Feinde. Im Gegensatz dazu sucht man die schädlichen Spaltpilze möglichst zu bekämpfen. Sie müssen von den Stoffen, auf die sie leicht einwirken, tunlichst ferngehalten und, wenn sie eingedrungen sind, so schnell wie möglich vernichtet werden.

a) Da die Spaltpilze und ihre Keime fast überall zu finden sind, können sie nur durch die größte Reinlichkeit abgehalten werden. Dies gilt besonders für die Gefäße, die wir bei der Herstellung und Aufbewahrung der Speisen verwenden, für unsere Wohnung und deren Umgebung (Höfe, Straßen usw.), für unsere Kleider, Wäsche und Speisegeräte (be-

sonders in Gasthäusern!) sowie auch für unseren Körper selbst. Vor allen Dingen hüte man sich, mit den Auswurfstoffen solcher Menschen in nähere Berührung zu kommen, die an einer ansteckenden Krankheit leiden. Gleich diesen Stoffen müssen auch die Abfälle des menschlichen Haushaltes so bald als möglich aus unserer Nähe entfernt werden.

b) Wie die angestellten Versuche zeigten, gehen die Spaltpilze durch Siedehitze zugrunde. Durch längeres Kochen und sorgfältigen Verschluß der Gefäße vermögen wir daher Fleisch, Früchte, Gemüse, Milch u. a. längere Zeit zu erhalten oder zu „konservieren". Sind in den Stoffen und Gefäßen alle Keime getötet, so bezeichnet man sie als sterilisiert (sterilis = unfruchtbar). Auch zum Töten von Krankheitskeimen in Betten, Kleidern u. dgl. werden vielfach hohe Hitzegrade angewendet. Es gibt allerdings auch eine Anzahl von Spaltpilzen, deren Sporen durch die Siedehitze nicht getötet werden. Diese kann man durch Erhitzen über 100° oder durch lang andauerndes, bzw. mehreremal wiederholtes Kochen unschädlich machen.



Reinkulturen von Bakterien des Typhus (1) und der Tuberkulose (2).

c) Kühlt man einen faulenden Stoff stark ab, so wird man finden, daß die Fäulnis bei einer Wärme von etwa 5° C aufhört. Bei dieser Temperatur stellen die Spaltpilze also ihre Lebenstätigkeiten ein. Daher benutzt man besonders für Fleischwaren (Eisschrank!) schon seit langer Zeit die Kälte als Konservierungsmittel. Getötet werden jedoch die Bakterien selbst durch die größte Kälte nicht.

d) Spaltpilze brauchen ferner wie alle Pflanzen Wasser zu ihrem Bestehen. Entzieht man daher den Stoffen, die man erhalten will, große Wassermengen, so können sich die anhaftenden Keime nicht entwickeln. Trocknen und Dörren sind daher andere Konservierungsmittel (Backobst, Stockfisch, getrocknetes Fleisch usw.).

e) Bringen wir in eine Flüssigkeit, in der irgend ein Stoff fault, etwas Karbolsäure, so hört die Fäulnis nach kurzer Zeit auf: Karbolsäure ist für die Spaltpilze ein tödliches Gift und daher ein fäulniswidriges oder antiseptisches Mittel.

Solcher Mittel bedient sich der Mensch schon seit uralter Zeit, z. B. des Kochsalzes (in größerer Menge!) zum Pökeln, des Essigs oder Zuckers (in starker Lösung!) zum Einkochen der Früchte, des Rauches zum Räuchern der Fleischwaren. Als er aber in den Spaltpilzen auch die Erreger zahlreicher Krankheiten erkannte, lernte er zugleich die durch sie bewirkten Ansteckungen, Vergiftungen oder „Infektionen" verhüten: er tötete ihre Keime durch Anwendung von „Desinfektionsmitteln". So behandelt man z. B. heutzutage die Wunden mit Lysol, Sublimat, Jodoform und anderen fäulniswidrigen Stoffen (Antisepsis). In erster Linie aber ist man gegenwärtig darauf bedacht, jede Infektion von vornherein zu verhüten (Asepsis). Deshalb sterilisiert der Arzt, ehe er zur Operation schreitet, seine Hände und Kleidung sowie die zu verwendenden Instrumente, Verbandstoffe u. dgl. auf das sorgfältigste.

f) Naturforscher setzten Kleider, Betten, Möbel und andere Gegenstände, in die sie Krankheitskeime gebracht hatten, den Sonnenstrahlen aus und siehe da, oft schon nach wenigen Stunden ergab sich, daß die gefährlichen Feinde vernichtet waren. In dem Sonnenlichte haben wir also ein Desinfektionsmittel von ganz besonderer Wirkung vor uns. Daher sollte man vor allen Dingen den Sonnenstrahlen soviel als möglich Zutritt zu unseren Wohn- und Schlafräumen verschaffen!

3. Züchtung der Spaltpilze. Um festzustellen, ob in einer Speise, einem Getränk oder dgl. Spaltpilze oder deren Sporen enthalten sind, bedient man sich des folgenden Verfahrens. Man setzt kräftiger Fleischbrühe oder einem anderen Stoffe, wie er den Spaltpilzen

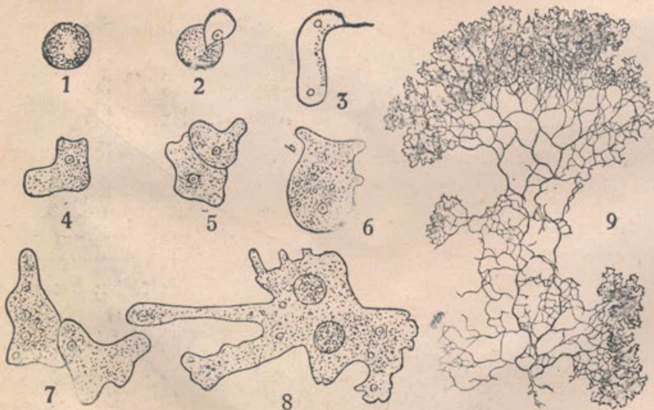
zur Nahrung dient, etwas erwärmte flüssige Gelatine zu, bringt in das Gemisch ein wenig von dem zu untersuchenden Körper und schüttet alles in eine sterilisierte Glasschale. Die lebensfähigen Keime vermehren sich in der „Nährgelatine" bald so stark, daß aus jedem eine kleine Kolonie hervorgeht. Sind keine solchen Keime vorhanden, so bleibt die Gelatine selbstverständlich unverändert.

Mit Hilfe dieses Verfahrens ist man nun auch in den Stand gesetzt, unter den Spaltpilzen, die sich — wie erwähnt — vielfach außerordentlich ähnlich sind, die Feinde des Menschen von den harmlosen Arten zu unterscheiden. Will man z. B. wissen, ob Trinkwasser Krankheitserreger enthält oder nicht, so setzt man jener Nährgelatine etwas von dem Wasser zu, schüttelt das Gemisch, so daß die Keime gleichmäßig verteilt werden, und gießt es wieder in eine Glasschale. Auf der erkalteten Gelatine entstehen jetzt so viel Kolonien, als lebenskräftige Keime vorhanden waren. Alle Kolonien sind aber auch voneinander getrennt und bestehen nur aus je einer einzigen Bakterienart. Überträgt man nun Teilchen dieser Kolonien in je ein anderes Glas mit „Nährgelatine", so hat man die in dem Wasser enthaltenen Bakterienarten streng voneinander geschieden: Man hat „Reinkulturen" von ihnen hergestellt. Da die Spaltpilze in diesen Kulturen einen ganz bestimmten Wuchs haben, so ist man vielfach schon hierdurch imstande, die einzelnen Arten zu erkennen.

Gemeinsame Merkmale. Die **Spaltpilze** bilden kein Fadengeflecht. Sie sind einzellige, sehr kleine Lebewesen, die sich durch Zweiteilung vermehren.

3. Klasse. Schleimpilze (Myxomycetes).

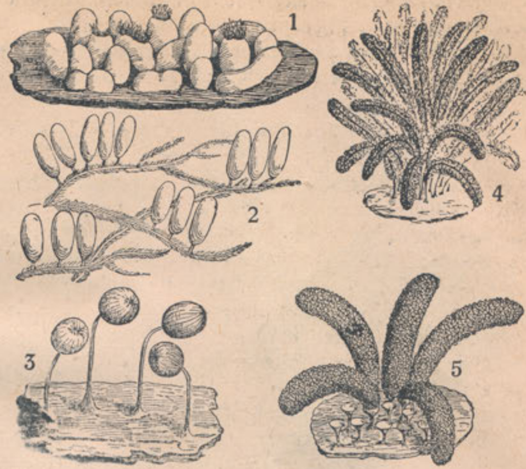
Im Walde findet man auf faulenden Pflanzenteilen nicht selten lebhaft gefärbte, schleimige oder rahmartige Massen, das sind die merkwürdigen Schleimpilze. Sie bauen ihren Körper aus verwesenden Stoffen auf. Der Wald bietet ihnen diese in reichem Maße, ebenso auch Feuchtigkeit und Schutz gegen die austrocknenden Sonnenstrahlen. Bei näherem Zusehen kann man finden, daß die eigentümlichen Wesen sich kriechend fortbewegen.



Entwicklung eines Schleimpilzes (s. Text). (Vergr. etwa 600 mal.)

Eines dieser sonderbaren Geschöpfe, das dem verschütteten gelben Dotter eines Vogeleies gleicht, treffen wir in der Gerberlohe häufig wieder. „Die Lohe blüht", sagt dann der Gerber. Darum bezeichnet man diesen Schleimpilz als **Lohblüte** (Fuligo varians). Er durchzieht die Lohhaufen netzartig oft metertief, kommt aber zur Zeit der Sporenbildung zur Oberfläche empor. Die oft tellergroße Masse zieht sich dann stark zusammen

und bildet einen widerstandsfähigen Fruchtkörper. Dieser enthält sehr viele schwarzbraune Sporen (1), die durch den Wind verbreitet werden. Bei Befeuchtung entschlüpft (2) jeder Spore ein Gebilde, das sich wie ein Geißeltierchen (s. Tierkunde) durch einen schwingenden Faden fortbewegt (3). Nach einiger Zeit wird die Geißel eingezogen und das winzige Geschöpf nimmt jetzt (4) die Gestalt eines Wechseltierchens an (s. ebenda), das sich mit Hilfe ausgestreckter Scheinfüßchen kriechend fortbewegt und durch Zweiteilung lebhaft vermehrt. Indem mehrere solcher „Wechseltierchen" miteinander verschmelzen (5), entstehen größere Körper (6) und indem sich letztere gleichfalls wieder vereinigen (7), wird eine jener Schleimmassen gebildet, von der wir ausgingen (8). Die Schleimpilze, die sich alle in derselben Weise entwickeln, gleichen somit zuerst niedersten Tieren, um schließlich in der Sporenbildung eine unzweifelhafte Eigenschaft der Pflanzen zu zeigen. Sie bilden also einen deutlichen Übergang vom Pflanzen- zum Tierreiche und werden daher auch treffend als Pilztiere oder Tierpilze bezeichnet.



Fruchtkörper häufiger Schleimpilze: 1 des Haarstäublings (die Körper, die am oberen Teile haarähnliche Fäden zeigen, haben sich bereits geöffnet); 2 des Glattfrüchtchens, auf Moos sitzend; 3 des Netzstäublings; 4 des Fadenstäublings und 5 des Kelchstäublings (die kelchförmigen Stiele im Vordergrunde sind von den zerfallenen Fruchtkörpern übrig geblieben).

Die Schleimpilze, denen wir häufig im Walde begegnen, erzeugen Fruchtkörper von oft sehr zierlicher Gestalt (vgl. die Abb.). Rundliche Knöllchen bildet der **Haarstäubling** (Trichia), etwas länger gestreckte, gestielte und glattwandige Körper das **Glattfrüchtchen** (Leocarpus). Kürbisähnlich und sehr lang gestielt sind die Fruchtkörper des **Netzstäublings** (Dictydium). Die langgestielten Kolben des **Fadenstäublings** (Stemonitis) stehen büschelweis bei einander und die ganz ähnlichen Fruchtkörper des **Kelchstäublings** (Acryria) erheben sich auf kelchförmigen Stielchen.

Auch schmarotzende Arten gibt es unter den sonst völlig harmlosen Schleimpilzen. Eine von ihnen (Plasmodiophora brassicae) erzeugt die **Knotensucht**, den **Kropf** oder die **Hernie** der Kohlgewächse. Die erkrankten Pflanzen zeigen an den Wurzeln erbsen- bis faustgroße Anschwellungen, kränkeln oder gehen ganz ein.


Kohlrübenwurzel, die an der Knotensucht erkrankt ist.

Gemeinsame Merkmale. 1. Die **Schleimpilze** bilden kein Fadengeflecht. Sie stellen nur eine schleimige Masse dar.

2. In den **Pilzen** haben wir Lagerpflanzen ohne Blattgrün vor uns. Sie sind daher Schmarotzer (Parasiten) oder Verwesungspflanzen (Saprophyten).

3. Kreis. Flechten (Lichenes).

Die Wand- oder Schüsselflechte (Xanthoria parietina).

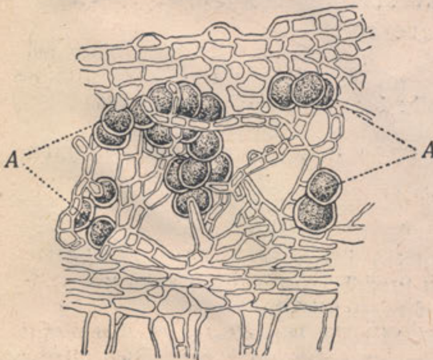


Wandflechte auf einem Zweigstücke (nat. Gr.).

An Baumstämmen, Bretterwänden und Steinen bildet die Wand- oder Schüsselflechte gelbe, laubartige, gelappte Massen, die meist mit vielen kleinen, orangefarbenen, schüsselartigen Gebilden bedeckt sind.

1. Stellt man durch den Flechtenkörper (Thallus) außerhalb dieser „Schüsselchen" dünne Querschnitte her, so sieht man bei Anwendung des Mikroskops, daß er aus einem Geflechte farbloser Fäden besteht, in dessen lockerer Mittelschicht eine Menge lebhaft grün gefärbte, kugelige Gebilde eingelagert sind. Die Fäden geben sich leicht als ein Pilzgeflecht und die grünen Kugeln als einzellige Algen zu erkennen. Die gleiche Zusammensetzung aus einem Pilze und zahlreichen Algen zeigen sämtliche Flechten.

Wie alle grünen Pflanzen vermögen die Algen die zum Aufbau ihres Leibes nötigen Stoffe selbst zu bilden. Der Pilz dagegen ist — wie wir wissen — auf „fertige" Nahrung angewiesen: er entzieht sie den Algen, die von seinen Fäden dicht umsponnen werden. Dafür liefert er seinen Nahrungsspendern aber Wasser und die darin gelösten rohen Nährstoffe, schützt sie gegen Austrocknung und befestigt das ganze „Doppelwesen" mit einigen Fäden auf der Baumrinde oder dgl. Pilz und Alge haben sich in der Flechte also zu gegenseitigem Vorteile vereinigt, sie bilden eine Ernährungsgenossenschaft (Symbiose).



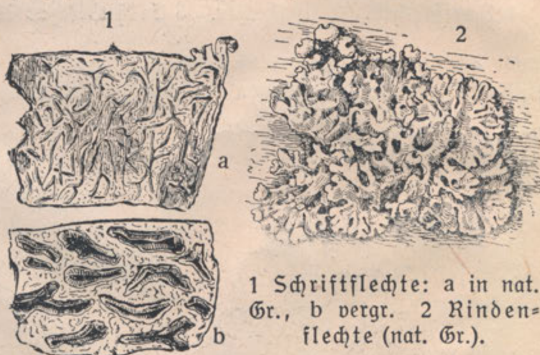
Bau des Flechtenkörpers: in der Mittelschicht des Pilzgeflechtes sind zahlreiche Algen (A) eingelagert. (Vergr. etwa 350 mal.)

2. An den Lappenrändern der Wandflechte entdeckt man mit der Lupe häufig feine Körnchen, die, wie unter dem Mikroskope zu erkennen ist, je aus einigen von Pilzfäden umhüllten Algenzellen bestehen. Diese staubartig kleinen Körper werden leicht vom Winde verweht und entwickeln sich an geeigneten Orten weiter zu Flechten. Sie sind mit den „Ablegern" der Lebermoose vergleichbar und werden treffend als Brutkörperchen (Soredien) bezeichnet.



Bau des „Schüsselchens" der Wandflechte.
1 Längsschnitt durch ein Schüsselchen.
F Fruchtschicht, A Algen (etwa 30 mal vergr.).
2 Die Fruchtschicht bei stärkerer (etwa 600 mal.) Vergr.
Sp Sporenschläuche. Z Zwischenzellen.

3. An dünnen Schnitten durch eins der „Schüsselchen" (Apothecien) sehen wir bei Anwendung des Mikroskops, daß wir es in diesen Gebilden mit den Fruchtkörpern des Flechtenpilzes zu tun haben: Wir erblicken genau wie bei den Schlauchpilzen eine oberflächlich liegende „Fruchtschicht", die aus Sporenschläuchen und zahlreichen Zwischenzellen zusammengesetzt ist. Die aus den Schläuchen hervorgehenden Sporen werden durch den Wind verweht, keimen aber nur, wenn sie eine Alge treffen, mit der zusammen sie eine neue Flechte bilden können.



1 Schriftflechte: a in nat. Gr., b vergr. 2 Rindenflechte (nat. Gr.).

Andere Flechten.

Unter den Flechten herrscht ein sehr großer Formenreichtum.

1. Die Krustenflechten bilden an Bäumen und Felsen sowie am Erdboden unscheinbare, krustenartige Überzüge. Zu ihnen zählen die **Schriftflechten** (Graphis), deren schwarze, strichartige Fruchtkörper die Baumrinden wie mit Hieroglyphen bedecken.

2. Einen blattartigen, mehrfach gelappten Körper, wie wir ihn an der Wandflechte kennen gelernt haben, besitzen die Laubflechten. Sie überziehen wie die **Rindenflechte** (Parmelia physodes) mit anderen Flechten die Stämme und stärkeren Zweige der Bäume, oft in dicker Schicht. Von Obstbäumen müssen sie gleich den ansitzenden Moosen (s. das.) entfernt werden.

3. Die Formen mit aufrecht stehendem oder hängendem, meist mehrfach verzweigtem Körper bezeichnet man — weil sie oft zierliche Sträuchlein bilden — als Strauchflechten. Von den Baumzweigen besonders bei alten Gebirgsbäumen hängen in langen, bartartigen Strähnen die **Bartflechten** (Usnea) herab. Die gewimperten Schilde sind die Fruchtkörper. — Dort



1 Bartflechte. 2 Astflechte. 3 Isländisches Moos. F Fruchtkörper. (Verkl.)

sowie an Felsen, Bretterwänden und ähnlichen Orten finden sich auch die vielgestaltigen **Astflechten** (Ramalina fraxinea u. a.) mit schüsselförmigen, randständigen Fruchtkörpern. —



Eine Becherflechte (nat. Gr.).

Renntierflechte. Die „Stämmchen" links mit Fruchtkörpern (verkl.).

Auf trockenen Heideflächen und am Boden lichter Gebirgswälder wächst das sog. **isländische Moos** (Cetraria islandica). Die vielteilig gelappte Flechte bildet braune, scheibenförmige Fruchtkörper. Früher galt die Pflanze als ein wichtiges Mittel gegen Lungenleiden; in Island dient sie dem Menschen vielfach zur Speise. — An trocknen Stellen finden sich häufig

Flechten, an denen zierliche Becher oder Trichter entstehen. Das sind die „Fruchtträger" der **Becherflechten** (Cladonia) und die braunen oder roten Knöpfchen darauf („Korallenflechten") sind die Fruchtkörper. — Zu diesen Flechten zählt auch die **Renntierflechte** (C. rangiferina), die auf trocknem Wald- und Heideboden dicke Polster bildet. In den Polarländern liefert das Pflänzchen während des Winters dem Renntiere meist ausschließlich die Nahrung. Da nun die Bewohner jener Länder von diesem Tiere einzig und allein abhängen, ist es also die Renntierflechte, die jene Breiten erst bewohnbar macht. — An den felsigen Gestaden des südlichen Atlantischen Ozeans und an den Küsten Ostindiens wächst die **Lackmusflechte** (Roccella tinctoria), die uns neben mehreren anderen Flechten in dem Lackmus einen überaus wichtigen blauen und roten Farbstoff liefert.



Lackmusflechte. (Verkl.)

Im Haushalte der Natur spielen die Flechten fast dieselbe Rolle wie die Moose (s. das.). Da sie lange Zeit hindurch die größte Trockenheit ertragen können, vermögen sie sich gleich diesen anspruchslosen Pflanzen an Orten anzusiedeln, an denen sie wochenlang von keinem Wassertropfen benetzt werden. An Felsen und vielfach auch auf dürrem Sande bilden sie (mit den Moosen) die ersten Ansiedler.

Gleich jenen treuen Genossen halten sie ferner den herbeigewehten Staub fest und indem sie abgestorben zu Erde zerfallen, machen sie im Laufe der Zeit selbst den härtesten Fels und den ödesten Sandboden fähig, höhere Pflanzen zu tragen. Da nun von diesen Gewächsen das höhere Tierleben und von beiden wieder der Mensch abhängt, sind die Flechten gleichfalls ein Beleg dafür, daß — wie wir vielfach gesehen haben — das Kleinste und Unscheinbarste in der Natur oft von größter Bedeutung ist.

Gemeinsame Merkmale. 1. Die **Flechten** sind Lagerpflanzen, deren Körper aus Fadenpilzen und Algen zusammengesetzt ist.

2. Der Körper der Algen, Pilze und Flechten ist nicht in Stengel und Blätter gegliedert. Sie bilden die Gruppe der **Lagerpflanzen.**

3. Die farnartigen Gewächse, Moose und Lagerpflanzen besitzen keine Blüten und vermehren sich (vorwiegend) durch Sporen. Sie stellen zusammen die Abteilung der **Sporen-** oder **blütenlosen Pflanzen** dar.

Über Pflanzenkrankheiten.

Die Pflanzen sind zahlreichen Schädigungen und Krankheiten ausgesetzt. Wie vernichtend Frost und Trockenheit auf die grünen, saftigen Teile der Pflanzen wirken, ist des öfteren erwähnt worden. Von diesen Schädigungen soll jedoch hier ebenso abgesehen werden wie von den äußeren Verletzungen durch Tierfraß, gegen die bekanntlich viele Pflanzen durch Schutzmittel (Dornen oder Stacheln, Einlagerung von Kieselsäure, Gift- und Geruchsstoffen) mehr oder weniger gut gesichert sind.

A. **Durch Tiere verursachte Pflanzenkrankheiten.** 1. Durch saugende Tiere. Zahlreiche Tierarten verursachen eine Erkrankung der Pflanzen da-

durch, daß sie ihnen durch Saugen den Saft entziehen oder den Zellinhalt junger Gewebe aufzehren. Dadurch kann ein Verkümmern oder selbst ein Absterben der Pflanze herbeigeführt werden. So vermögen z. B. die Blattläuse die jungen Sprossen der Rosen fast zu „ersticken". Sie scheiden bekanntlich einen süßen Saft, den Honigtau, aus, der als klebriger Überzug die Blätter namentlich nach längerer Trockenheit bedeckt. Auch viele Obstbäume haben unter den Blattläusen sehr zu leiden. Die Schildläuse sitzen oft in großer Zahl auf Stengeln und Blättern, in die sie ihre schnabelförmigen Mundteile gesenkt haben, um zu saugen. An den Wurzeln der Runkelrüben sitzen mitunter kleine Fadenwürmer, die sog. Rübenälchen (vgl. Abb. Tierkunde H. IV S. 28), die das Wachstum und Gedeihen der Pflanze hemmen.



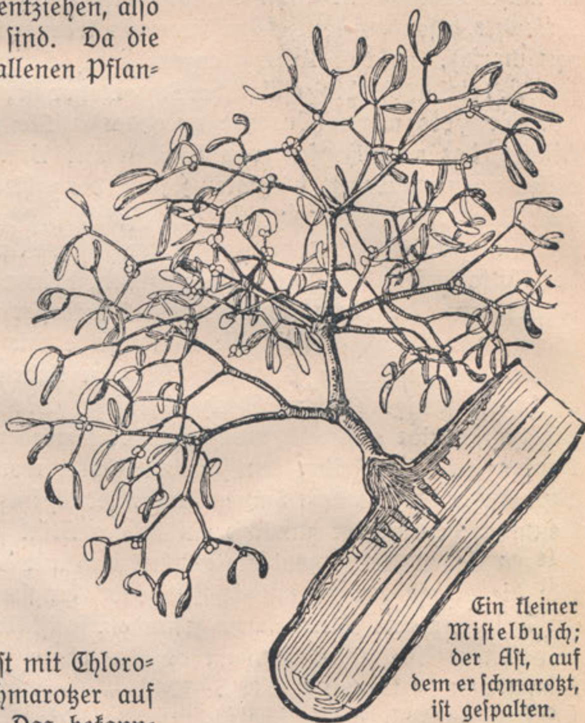
Zweig der Wintereiche mit Gallen.

1 Gallen der gem. Eichenblatt-Gallwespe. 1a durchschnittene Galle mit der Larve; 1b ausgebildetes Insekt, von der Seite und von oben gesehen: 2 sog. Knopfgallen; 3 eine vertrocknete, von den ausgebildeten Insekten bereits verlassene sog. Schwammgalle; 4 eine „Eichenrose", durch den Stich einer Gallwespe aus einer Knospe hervorgegangen.

2. Durch Tiere, die Mißbildungen veranlassen. Nicht selten sind Insekten, Milben oder auch Würmer die Ursache von eigentümlichen Gewebewucherungen an den verschiedensten Pflanzenteilen. Diese Mißbildungen sind außerordentlich mannigfaltig gestaltet je nach dem Tiere, das sie erzeugt und je nach der Pflanze, auf der sie vorkommen. Am bekanntesten sind die Gallenbildungen, die von den Gallwespen herrühren (vgl Tierkunde H. III S. 50). Diese Tiere stechen Blätter, Knospen und andere Pflanzenteile an und legen ein oder mehrere Eier in die frische Wunde. Dadurch und vielleicht durch einen scharfen Saft, der dabei von den Gallwespen abgeschieden wird, wird die Umgebung der Wundstelle zu Wucherungen gereizt. So entstehen durch den Stich der Rosengallwespe Anschwellungen an Knospen und rötliche oder gelbe, moosartig verästelte Haargebilde (Rosenäpfel bzw. Moosrosen). Die Eichenblattgallwespe verursacht die Bildung der Galläpfel an Eichenblättern (vgl. auch obenstehende Abb.!). Der Kohlgallenrüßler bzw. der Kiefernrüßler, beides Rüsselkäfer, veranlassen die Entstehung von walzenförmigen, halbkugeligen Gallen am Wurzelhalse des Kohls bzw. an den Kiefern usw. Manchmal findet man an den Weiden faustgroße Knospenauswüchse (vielfach Weidenrosen genannt). Sie rühren von dem Stich einer Gallmücke

her. Wucherungen (Rollungen, Höcker und Randwülste) entstehen ferner durch die Tätigkeit der Blattläuse. Hierher gehören auch die zapfenartigen „Gallen“ an den jungen Ästchen der Fichten, deren Bildung die Fichtenlaus verursacht, sowie die Anschwellungen an Apfelbäumen bzw. an den Wurzeln des Weinstocks, die der Tätigkeit der gefährlichen Blutlaus und der noch verderblicheren Reblaus zuzuschreiben sind.

B. **Schädigungen durch andere Pflanzen.** Es ist mehrfach erwähnt worden, daß eine Reihe von Pflanzen ihre Nahrung ganz oder teilweise in fertigem Zustand anderen Pflanzen entziehen, also Schmarotzer (Parasiten) sind. Da die von den Schmarotzern befallenen Pflanzen jene Stoffe für den Verbrauch in ihrem eigenen Körper bereiten, muß naturgemäß durch die Tätigkeit der Schmarotzer eine Schädigung des „Wirtes“ eintreten, die zu einem Verkümmern und schließlich auch Eingehen führen kann. Wenn streng genommen diese Schädigungen auch nicht immer als Krankheiten auftreten, so sollen sie doch im Zusammenhang kurz geschildert werden.



Ein kleiner Mistelbusch; der Ast, auf dem er schmarotzt, ist gespalten.

1. Durch grüne Schmarotzer. Es gibt Pflanzen, die, obwohl selbst mit Chlorophyll ausgestattet, als Schmarotzer auf anderen Pflanzen leben. Das bekannteste Beispiel ist die Mistel (vgl. H. III S. 76), die auf den Zweigen verschiedener Laub- und Nadelbäume, besonders der Schwarzpappel und des Apfelbaumes lebt. An diese Stellen gelangen die Samen durch Vögel. Das die Samen umschließende Fruchtfleisch ist nämlich außerordentlich klebrig, so daß die Samen leicht am Schnabel der Vögel haften und ebenso leicht an einem Aste abgestreift werden können. Die Keimwurzel durchbohrt die Rinde, dringt bis zum Holze vor und entsendet nach allen Seiten Wurzeln, die unter der Rinde verlaufen. Aus diesen „Rindenwurzeln“ gehen nunmehr andere Wurzeln, die „Senker“ oder Saugwurzeln hervor, die immer tiefer in das Holz des Astes eindringen und der Wirtspflanze die Nährstoffe entziehen.

2. Durch chlorophyllfreie Blütenpflanzen. Schmarotzer, denen das Chlorophyll fehlt, müssen alle Stoffe, deren sie bedürfen, dem Wirte in fertigem Zustand entnehmen. Eine ganze Anzahl dieser „bleichen" Schmarotzer gehört zu den Blütenpflanzen, z. B. die Sommerwurz (Orobanche), die in vielen schwer zu unterscheidenden Arten auf den Wurzeln der verschiedensten Pflanzen (Klee, Hanf, Gerste u. a.) lebt Von dem unteren, knollenförmigen Teile des unterirdischen Stengels gehen zahlreiche Wurzeln aus, die mit denen der Nährpflanze in Verbindung stehen (vgl. H. III S. 130). Eine ähnliche Lebensweise führt die auf den Wurzeln zahlreicher Bäume und Sträucher, besonders des Haselnußstrauches, lebende Schuppenwurz (Lathraea squamaria), die den Wirtspflanzen durch Saugwarzen Nahrung entzieht (vgl. H. III S. 130). Ein gefährlicher Schmarotzer ist auch die Hopfenseide oder der Teufelszwirn (Cuscuta europaea). Sie umspinnt nicht selten das Dickicht, das vom Hopfen, von Weiden und Brennesseln gebildet wird, mit vielen unentwirrbaren, blaßroten Fäden, die zahlreiche Knäuel kleiner Blüten aber keine Blätter tragen. An den Fäden finden sich zahlreiche kleine Anschwellungen, die sich dem Stengel der Wirtspflanze eng anschmiegen. Aus der Mitte dieser Gebilde erhebt sich je ein kleiner Zapfen, der die Rinde der Wirtspflanze durchbohrt und bis zum Holzkörper vordringt. Mit Hilfe dieser „Saugwärzchen" entzieht die Hopfenseide wie mit ebensovielen Schröpfköpfen den befallenen Pflanzen alle zum Leben nötigen Stoffe; Wurzeln besitzt die fertige Pflanze überhaupt nicht. Die Wirtspflanzen können von der Hopfenseide außerordentlich geschädigt werden; es sind sogar schon ganze Hopfen- und Hanffelder durch sie vernichtet worden. Im Herbst stirbt der Schmarotzer ab, aus dem Samen kommt jedoch im Frühjahr ein fadenförmiger Keimling hervor, der zunächst ein kleines Stück in den Boden wächst, nach einigen Tagen die Samenhülle abwirft und mit dem oberen freien Ende sich wie die Ranke des Weinstocks „suchend" langsam im Kreise bewegt. Hat der Keimling eine Wirtspflanze gefunden, so ist sie auch alsbald umschlungen. Der untere Teil stirbt nunmehr ab, der obere dagegen entwickelt sich zum Schmarotzer (vgl. auch H. III S. 124). — Auch die nächsten Verwandten der Hopfenseide sind gefährliche Schmarotzer, die Kleeseide (C. epithymum) lebt auf Klee und Luzerne, die Flachsseide (C. epilinum) auf Flachs. Durch Abmähen oder Abbrennen der befallenen Pflanzen, bevor die Schmarotzer noch Samen angesetzt haben, läßt sich das Übel allein wirksam bekämpfen.

3. Durch niedere Pflanzen. Die schlimmsten Pflanzenkrankheiten werden durch Pilze hervorgerufen. Es handelt sich dabei aber weniger um Spaltpilze als um Vertreter anderer Pilzgruppen.

Von den Ständerpilzen wäre als Schmarotzer besonders der Feuerschwamm (Polyporus fomentarius) zu erwähnen. Seine Sporen sind zwar nicht imstande, die Borkenschicht der Bäume zu durchdringen, sie kommen aber zur Entwicklung, wenn sie auf eine frische Wunde gelangen. Von dort aus kann der Pilz festen Fuß fassen, in das Holzgewebe eindringen und in

diesem schmarotzen. In dem Holz längst abgestorbener Bäume wuchert bekanntlich der gefürchtete Hausschwamm (Merulius lacrymans).

Unter den Schlauchpilzen befinden sich einige gefährliche Schmarotzer. Wie früher erwähnt (vgl. S. 21) verursacht der Mutterkornpilz (Claviceps purpurea) eine Erkrankung der Fruchtknoten des Roggens, wobei die Sporen durch Insekten verbreitet werden. Das holzharte „Mutterkorn" ist die „Dauerform" des Pilzes, aus der zur Zeit der nächsten Roggenblüte Fruchtkörper mit Sporenschläuchen hervorgehen, von denen aus die Sporen durch den Wind verweht werden. — Ähnlich wie das Fadengeflecht des Pinselschimmels Brot und dgl. durchzieht und an der Oberfläche graugrüne „Anflüge" verursacht, findet man nicht selten die Blätter der Getreidearten, Hülsenfrüchtler, Rosen und vieler anderer Pflanzen wie mit Schimmel bedeckt. Das ist das Fadengeflecht der Meltaupilze (Erysiphe). Da von diesen spinnwebenartigen Fäden Fortsätze in das Innere der Blätter eindringen und diesen Nahrung entziehen, fügt der Schmarotzer den befallenen Gewächsen oft großen Schaden zu (über Vermehrung usw. vgl. S. 22). Einer der gefährlichsten dieser Zerstörer ist der Rebenmeltau (Uncinula necator). Er überzieht wie ein weißer Schimmel Blätter und Früchte, denen er durch eingesenkte Fortsätze Nahrung entnimmt. Die Blätter verdorren schließlich, die Beeren zerplatzen und verfaulen, so daß oft die Weinernte weiter Bezirke gänzlich vernichtet worden ist. Man tötet den Pilz durch wiederholtes Bestreuen mit Schwefelblumen. —Von einem Schlauchpilze (Fusicladium) wird der schwarze Schorf auf den Blättern und Früchten des Apfel- und Birnbaumes erzeugt. Die schorfkranken Blätter vermögen die ihnen obliegenden Arbeiten nur ungenügend zu verrichten, so daß die Früchte klein bleiben und vorzeitig abfallen. — Ein anderer Schlauchpilz (Taphrina pruni) verursacht Mißbildungen bei Zwetschgen, die sog. Taschen oder Narren.

Von Rostpilzen rühren die gelben, braunen oder schwarzen Flecken und Streifen her, die man vom Juni ab nicht selten an den Getreidearten wie auch auf wildwachsenden Gräsern findet. Blätter und Stengel dieser Pflanzen sind von zahlreichen Pilzfäden durchzogen, die an vielen Stellen die Oberhaut durchbrechen, ins Freie treten und hier je eine Spore abschnüren. Diese Sporenmassen erscheinen dem unbewaffneten Auge als Rostflecke. Die von dem Pilze befallenen Pflanzen verkümmern oder gehen wohl gar zugrunde. — Unter den Rostpilzen ist besonders schädlich der echte Getreiderost (Puccinia graminis). Seine Entwicklung und Vermehrung ist auf S. 24 besprochen. Da in seiner Entwicklung die Berberitze eine wichtige Rolle spielt, ist dieser Strauch in der Nähe von Getreidefeldern auszurotten; außerdem ist „brandiges" Stroh zu verbrennen. Andere gefährliche Rostpilze sind der Birnenrost (Gymnosporangium sabinae) und der Erbsenrost (Uromyces pisi) (vgl. darüber S. 25).

Vorzugsweise auf Gräsern finden sich ferner die Brandpilze. So zerstört der Flug- oder Staubbrand (Ustilago) die Früchte des Hafers, der Gerste

und des Weizens. Andere Brandpilze (Tilletia-Arten) verursachen den Schmierbrand der Getreidekörner (vgl. darüber S. 26).

Zu den Algenpilzen gehört der Erreger der Kartoffelfäule, der Kartoffelpilz (Peronospora infestans). Er durchwuchert die ganze Pflanze mit seinem Fadengeflecht. Die oberirdischen Teile der Kartoffelpflanze bekommen schwarzbraune Flecken und sterben vorzeitig ab. Daher bleiben die Knollen klein. Sie können jedoch auch selbst von der Krankheit erfaßt werden, erhalten dann ebenfalls braune Flecken und verwandeln sich schließlich in eine jauchige, übelriechende oder in eine trockene, bröcklige Masse (nasse und trockene Fäule). Durch sorgfältige Auswahl der „Saatkartoffeln" und Vernichten der erkrankten Pflanzen und Knollen kann die Krankheit bekämpft werden. — Ein sehr schädlicher Algenpilz ist der falsche Rebenmeltau (Peronospora viticola), der im Innern der Blätter des Weinstockes lebt. Ihm ist nur beizukommen, wenn man seine Sporen vernichtet, die durch den Wind auf die Blätter getragen werden. Das wirksamste Mittel hat man in dem Besprengen mit einer Auflösung von Kupfervitriol und Soda oder Kalk gefunden.

C. **Schutzmittel der Pflanzen.** Aus den im Vorstehenden angeführten Beispielen ergibt sich, daß die Pflanzen vor allem durch die Pilze den schwersten Schädigungen ausgesetzt sind. Die Gefahr der Ansteckung durch Pilzsporen ist sehr groß, doch besitzen die Pflanzen immerhin einige Schutzmittel dagegen. So können die „keimenden" Pilzsporen nur an den jüngsten und zartesten Pflanzenteilen die Hautschicht durchdringen. Hauptsächlich und bei älteren Pflanzenteilen fast ausschließlich gelangen die Keimfäden der Pilze durch Öffnungen in das Innere. Als solche kommen in erster Linie die Spaltöffnungen in Betracht. Da ist es nun von großem Vorteil für die Pflanzen, daß die Spaltöffnungen in der Regel nur auf der Unterseite der Blätter liegen. Die Pilzsporen, die zumeist durch den Wind verbreitet werden, fallen natürlich auf die Oberseite der Blätter und können dann im allgemeinen mit dem Keimschlauch keine Spaltöffnung erreichen. — In vielen Fällen dürfte ein Haarkleid die Gefahr einer Ansteckung durch Pilzsporen verringern. — Schließlich scheiden zahlreiche Pflanzen auch Stoffe aus, die auf die Pilze ungünstig wirken. Dies gilt besonders im Falle der größten Gefahr, die bei einer Verwundung des Pflanzenkörpers droht. Viele Pilze können nur von einer Wunde aus in die Pflanzen gelangen, in der sie dann weiter wuchern: Wundinfektionspilze. Es ist also für die Pflanzen von großer Wichtigkeit, daß möglichst bald ein Wundverschluß oder ein Schutz der Wunde gegen Ansteckung eintritt. Bei den Nadelhölzern z. B. wird dieser Zweck durch Ausscheidung von Harz erreicht. Harze wirken giftig auf Pilzsporen, sind also ein wirksames Mittel gegen Pilzansteckung. Holzgewächse ohne Harz scheiden bisweilen Gummi aus. Der Pflanzengummi erhärtet an der Luft sehr schnell und verschließt dann die Wunde, er ist besonders bei kleinen Wunden wirksam. Vielleicht enthält er auch noch besondere Schutzstoffe. — Am allgemeinsten ist endlich die Wundkorkbildung (vgl. Abschn. III F S. 88). Durch den

Wundkork wird die Wunde nach innen abgeschlossen und dadurch ein Schutz der lebenden Teile bewirkt. Die abgestorbenen Wundteile werden häufig durch Überwallung geschützt, was allerdings oft lange Zeit dauert.

Überblick über das gesamte Pflanzenreich.

Einleitung. Wie bei den Tieren läßt sich auch im Pflanzenreich, wenn man von den einfachsten Formen ausgeht, eine aufsteigende Reihe von Gruppen feststellen, die eine immer größere Vollkommenheit des Baues aufweisen. Allerdings ist diese Abstufung oft schwerer zu erkennen als bei den Tieren, also äußerlich nicht so deutlich ausgeprägt. Auch in der Botanik können wir die einzelligen Formen den vielzelligen gegenüberstellen, doch faßt man hier nicht wie in der Zoologie die einzelligen Pflanzen zu einer gemeinschaftlichen Gruppe zusammen, sondern weist einen Teil von ihnen, die chlorophyllfreien, den Pilzen zu, während man die anderen, die mit Chlorophyll ausgestattet sind, zu den Algen rechnet. Infolgedessen ist eine gemeinschaftliche Besprechung der einzelligen Pflanzen hier nicht möglich. Bemerkt sei nur, daß neuerdings vielfach die einzelligen Pflanzen und die einzelligen Tiere zu einer großen Abteilung der Naturkörper zusammengeschlossen werden, da sehr häufig bei den einzelligen Lebewesen kaum zu entscheiden ist, ob es sich um Pflanzen oder Tiere handelt (vgl. Schleimpilze).

I. Sporenpflanzen.

1. **Algen.** Die Algen sind ein- oder mehrzellige Pflanzen, die nicht in Stamm und Blätter gegliedert sind. Ihr Körper stellt also ein sog. Lager oder einen Thallus dar. Sie leben im Wasser oder an feuchten Stellen, besonders das Meer beherbergt zahlreiche Arten, von denen mehrere eine bedeutende Größe erlangen und die Gestalten höherer Pflanzen durch scheinbare Ausbildung von Wurzeln, Stengeln und Blättern gleichsam nachahmen. Das Protoplasma der Algen enthält immer Chlorophyll, dieses ist jedoch oft durch andere Farbstoffe verdeckt, so daß zahlreiche Algen nicht grün, sondern rot, braun, ledergelb usw. gefärbt sind. Sie vermehren sich ungeschlechtlich (Teilung, Schwärmsporen) oder geschlechtlich (Jochsporen, Eisporen).

Von großer Bedeutung sind die Meeresalgen. Sie bewohnen die Küsten und sind meist auf dem Boden befestigt. Losgerissen und von Meeresströmungen zusammengeschwemmt, bedecken sie oft weithin das Meer (Sargassosee). Die Tangwiesen beherbergen eine reiche Tierwelt, der sie Wohnung und Nahrung liefern. Auch der Mensch zieht Nutzen aus den Meeresalgen (Verwendung als Dünger, zur Herstellung von Jod usw.). Ferner spenden die Algen den wasserbewohnenden Tieren einen großen Teil der notwendigen Atemluft und reinigen das Wasser von faulenden Tierstoffen, da sie diese aufnehmen und zum Aufbau ihres Körpers verwenden.

Die einfachsten Algen sind die Spaltalgen (Vermehrung nur durch Zweiteilung!). Einzellige Formen finden sich hauptsächlich bei den Kieselalgen, den Joch- und Grünalgen, größere Pflanzen unter den Rot- und Braunalgen.

2. **Pilze.** Die Pilze sind ein- oder mehrzellige Pflanzen, deren Körper ebenfalls ein Lager oder einen Thallus bildet, also nicht in Stengel und Blätter gegliedert ist. Sie enthalten kein Blattgrün und sind daher Schmarotzer (Parasiten) oder Fäulnisbewohner (Saprophyten). Sie vermehren sich gewöhnlich durch Teilung oder durch Sporen.

Die Schmarotzerpilze befallen andere Pflanzen oder auch Tiere und Menschen und verursachen zahlreiche Erkrankungen. Die Fäulnisbewohner leben auf abgestorbenen Organismen oder da, wo pflanzliche und tierische Reste faulen. Durch Spaltpilze wird die Fäulnis veranlaßt, durch andere Fäulnisbewohner der Zerfall der abgestorbenen Körper beschleunigt. So machen sie also die Baustoffe immer wieder für neues Leben frei, sie bewirken und beschleunigen den ewigen Kreislauf der Stoffe in der Natur.

Die Schleimpilze und die Spaltpilze gehören mit den Spaltalgen zu den einfachsten Organismen. Die Schleimpilze bilden nur eine schleim- oder rahmartige Masse. Sie gleichen in ihrer Entwicklung erst einem Geißel-, dann einem Wechseltierchen und zeigen endlich in der Sporenbildung eine unzweifelhaft pflanzliche Eigenschaft. Diese Pilztiere oder Tierpilze stellen also ein Verbindungsglied zwischen Pflanzen- und Tierreich dar. Die Spaltpilze sind einzellige, sehr kleine Wesen, die sich nur durch Zweiteilung vermehren. Ihre große Wichtigkeit als Krankheits- und Fäulniserreger usw. ist besonders hervorzuheben (s. o.; vgl. auch S. 29). Der Körper der Fadenpilze besteht aus einem Fadengeflecht, ihre Vermehrung erfolgt durch Sporen. Auch bei den Fadenpilzen gibt es noch Formen, deren Fadengeflecht aus einer einzigen allerdings vielfach verzweigten Zelle besteht (Algenpilze), bei den anderen Gruppen ist dagegen das Fadengeflecht mehrzellig. Die Sporen der Fadenpilze entstehen auf verschieden geformten Ständern (Ständerpilze) oder im Innern schlauchartiger Zellen (Schlauchpilze) oder als Sporenmassen an rostartigen bzw. brandartigen Stellen der Wirtspflanze (Rost- und Brandpilze). Unter den Ständer- und z. T. Schlauchpilzen gibt es zahlreiche, die als Nahrung für Menschen und Tiere dienen.

3. **Flechten.** Auch der Körper der Flechten läßt weder Stengel noch Blätter erkennen, bildet also einen Thallus. Die Flechten sind „Doppelwesen", in denen sich ein Fadenpilz und eine Alge zu einer Ernährungsgenossenschaft (Symbiose) vereinigt haben (vgl. darüber S. 34). Die Vermehrung erfolgt z. T. durch Brutkörperchen (Soredien), die aus einigen von Pilzfäden umsponnenen Algenzellen bestehen, leicht vom Winde verweht werden und sich an geeigneten Stellen wieder zu Flechten entwickeln. Außerdem stellen die „Schüsseln" (Apothecien) Fruchtkörper der Flechtenpilzes dar; in ihnen ent-

stehen Sporen, die ebenfalls vom Winde fortgetragen werden, aber nur dann zur Entwicklung kommen, wenn sie auf eine Alge treffen, mit der zusammen sie eine neue Flechte bilden können.

Eine besondere Bedeutung besitzen die Flechten deshalb, weil sie (mit den Moosen) die ersten Ansiedler auf Felsen und dürrem Sandboden sind. Ferner halten sie Staub fest und bilden, wenn sie absterben, mit ihm Erde, in der höhere Pflanzen wurzeln und gedeihen können.

Die Flechten werden in Krustenflechten, Laubflechten und Strauchflechten eingeteilt.

Algen, Pilze und Flechten haben einen ungegliederten, ein Lager oder einen Thallus darstellenden Körper, sie bilden die große Gruppe der Lagerpflanzen oder Thallophyten.

4. **Moose.** Die Moose sind mehrzellige Pflanzen, deren Körper meist deutlich in Stengel und Blätter gegliedert ist. Die einfachsten Formen, die Lebermoose, erinnern allerdings vielfach noch an die Lagerpflanzen, ihr Körper stellt ein flaches Gebilde dar oder besteht aus einem niederliegenden Stengel mit zweiseitig geordneten Blättern. Echte Wurzeln besitzen die Moose noch nicht, deren Aufgabe wird durch Haargebilde verrichtet. Auch der innere Bau ist noch sehr einfach (Gefäßbündel fehlen).



1 Kammkelch. 2 Dreiseitiges Waldmoos (Hypnum triquetrum; nat. Gr.).

Die Moose erzeugen Sporenkapseln, die bei den Laubmoosen meist von einer Haube bedeckt sind und eine Mittelsäule besitzen. Bei der „Reife" hebt sich der obere Teil der Sporenkapsel meist in Form eines Deckelchens ab. Die haubenlose Sporenkapsel der Lebermoose dagegen besitzt gewöhnlich keine Mittelsäule und öffnet sich in der Regel mit vier Klappen. — Die ausgeschüttelten oder ausgefallenen Sporen liefern auf feuchtem Boden Keimschläuche, die sich zu Vorkeimen entwickeln. Aus den Vorkeimen wachsen durch Knospung neue Moospflänzchen hervor. Die Moospflanze bildet am oberen Ende die männlichen Organe oder Antheridien, deren Schwärmer sich im Wasser frei bewegen können, sowie die weiblichen Organe, die Archegonien, die je eine Eizelle enthalten. Aus der durch die Schwärmer

befruchteten Eizelle geht die gestielte Sporenkapsel hervor. Die Sporenkapsel stellt die ungeschlechtliche Generation dar, während die Moospflänzchen die geschlechtliche Generation sind. Wir haben also einen regelmäßigen Generationswechsel:

Ungeschlechtliche Generation: Sporenkapsel mit Sporen. Vorkeim.

Geschlechtliche Generation: Moospflanze mit Antheridien und Archegonien.

Bei den Lebermoosen gibt es außerdem noch eine ungeschlechtliche Vermehrung durch „Brutkörper", die in schüsselartigen Behältern entstehen, vom Regen fortgeschwemmt werden und wie Ableger neue Pflanzen liefern können.

Die Bedeutung der Moose entspricht z. T. der der Flechten (vgl. daselbst). Außerdem tragen sie zur Bildung des Torfes bei, machen Sümpfe bewohnbar und saugen das Wasser auf. Dadurch schützen sie einmal vor Überschwemmungen und halten ferner den Boden feucht, da sie das Wasser langsam wieder abgeben. Schließlich bilden sie häufig eine schützende Decke für den Boden.

Man unterscheidet Lebermoose und Laubmoose. Bei den letzteren sind die Blättchen in einer Schraubenlinie angeordnet.

5. **Farnartige Pflanzen.** Bei den Farnen und den ihnen nahe stehenden Gruppen ist der Körper bereits deutlich in Wurzel, Stengel und Blätter gegliedert. Auch der innere Bau zeigt eine größere Vollkommenheit, da Gefäßbündel vorhanden sind, die den Algen, Pilzen Flechten und Moosen noch fehlen. Aus diesem Grunde stellt man die farnartigen Pflanzen den ersten vier Gruppen von Sporenpflanzen als Gefäßsporenpflanzen (Gefäßkryptogamen) gegenüber.

Von den eigentlichen Farnen erreichen manche schon recht stattliche Größen, insbesondere die herrlichen Baumfarne, deren hoher, säulenartigerStamm eine Krone großer, fein zerteilter Blätter trägt. Allgemein haben die Landfarne wohlausgebildete, zierliche Blätter, sie sind meist Bewohner feuchter Wälder. Die Wasserfarne sind eine Gruppe von wenigen kleinen Gewächsen.

Den Farnen schließen sich an die Schachtelhalme, deren quirlig gestellte Ästchen winzige Blättchen tragen, und die Bärlappgewächse, bei denen die Schuppenblätter spiralig an schwachen Stengeln aufgereiht sind.

Die Vermehrung erfolgt durch Sporen. Die Farne tragen die Sporenkapseln oder Sporangien auf der Blattunterseite (Tüpfelfarn), in den umgeklappten Blatträndern (Adlerfarn) oder an besonderen „Fruchtträgern" (Rispenfarn). Bei den Schachtelhalmen drängen sich viele schildförmige Sporenblätter, an denen mehrere Sporensäckchen hängen, zu einer „Ähre" zusammen. Die Sporangien der Bärlappgewächse stehen in Blattachseln an den Enden der Stengel und sind häufig zu „Sporenähren" vereinigt.

Aus der Spore entsteht auf feuchtem Untergrunde meist ein blattartiger Vorkeim, der männliche und weibliche Organe (Antheridien und Arche-

gonien) entwickelt. Aus der befruchteten Eizelle geht eine neue Farn-, Schachtelhalm- oder Bärlappflanze hervor, die wieder Sporen liefert. Der Generationswechsel verläuft also folgendermaßen:

Ungeschlechtliche Generation: Farn-, Schachtelhalm- oder Bärlapppflanze mit Sporen.

Geschlechtliche Generation: Vorkeime mit Antheridien und Archegonien.

Zusammenfassung: Lagerpflanzen, Moose und farnartige Pflanzen stimmen darin überein, daß sie keine Blüten tragen. Sie vermehren sich vorwiegend durch Sporen. Sie werden deshalb als blütenlose oder Sporenpflanzen oder Kryptogamen zusammengefaßt.

II. Blüten- oder Samenpflanzen.

Im Gegensatz zu den Sporenpflanzen vermehren sich die Blütenpflanzen durch Samen, die aus Blüten entstehen. Als wesentliche Teile enthalten die Blüten Staubblätter und Fruchtblätter. In den Staubbeuteln der Staubblätter wird Blütenstaub gebildet, während in oder auf den Fruchtblättern sich Samenknospen befinden. Die Entwicklung der Blüte zur Frucht bzw. der Samenknospen zu Samen erfolgt in der Regel dann, wenn Blütenstaub oder Pollen auf die Fruchtblätter gelangt (Bestäubung) und mit der Eizelle der Samenknospe verschmilzt (Befruchtung). Die Bestäubung erfolgt meist durch Insekten oder durch den Wind. Außer der geschlechtlichen Vermehrung ist auch eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Knospen weit verbreitet.

1. **Nacktsamige Blütenpflanzen oder Gymnospermen.** Diese Gruppe der Blütenpflanzen besitzt noch einen sehr einfachen Blütenbau, wie wir z. B. an den Nadelhölzern, der einzigen für uns wichtigen Familie der Gymnospermen, erkennen können. Die männlichen Blüten bestehen nur aus Staubblättern, die in Fächern auf der Unterseite Blütenstaub enthalten, die weiblichen aus Fruchtblättern, auf denen die Samenknospen frei daliegen. Männliche und weibliche Blüten sind meist auf demselben Baum zu finden (einhäusige Nadelhölzer: Kiefer, Fichte, Tanne usw.) oder sie stehen auf verschiedenen Pflanzen (zweihäusige Nadelhölzer: Wacholder, Eibe). Die Bestäubung erfolgt durch den Wind. Nach der Befruchtung wird die Gesamtheit der Fruchtblätter zu einem holzigen Zapfen oder zu einer fleischigen Scheinbeere (Wacholderbeere, Eibenfrucht). Die Gefäßbündel sind zu einem Ring geordnet und mit einer teilungsfähigen Zellreihe versehen, so daß ein nachträgliches Dickenwachstum stattfindet.

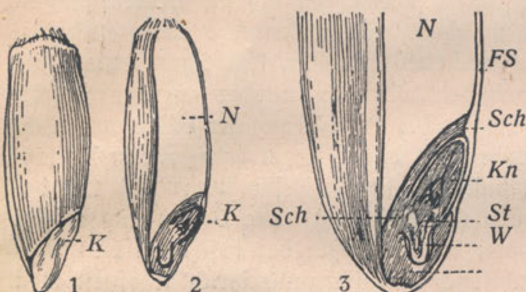
Zur Familie der Nadelhölzer gehören verhältnismäßig nur wenige Pflanzenarten, doch sind darunter unsere wichtigsten Waldbäume, die $^2/_3$ des deutschen Waldes ausmachen.

2. **Bedecktsamige Blütenpflanzen oder Angiospermen.** Bei diesen höchststehenden Pflanzen liegen die Samenknospen in einem Gehäuse, dem Frucht-

knoten, der aus einem oder mehreren Fruchtblättern gebildet wird. Nach der Befruchtung bildet sich die Fruchtknotenwand zur Fruchthülle oder Fruchtschale aus, von der die Samen umschlossen werden. Die Blüten sind in den meisten Fällen vollständiger als bei den Gymnospermen und bestehen häufig aus den vier Kreisen der Kelch-, Blumen-, Staub- und Fruchtblätter.

a) Einkeimblättrige Pflanzen, Spitzkeimer oder Monokotyledonen. Der Same der Monokotyledonen enthält meist ein stark ausgebildetes Nährgewebe oder Sameneiweiß (Endosperm). Der Keimling ist dagegen klein; er besitzt nur ein Keimblatt. Das Würzelchen der Keimpflanze entwickelt sich bei den Spitzkeimern nicht zu einer Haupt- oder Pfahlwurzel; es treten vielmehr zahlreiche Nebenwurzeln an seine Stelle

Die Blätter sind am Grunde meist scheidenartig und besitzen in der Regel eine ganzrandige Spreite; zusammengesetzte Blätter sind selten (Palmen). Die Nerven, von denen die Mittelrippe die übrigen an Stärke häufig übertrifft (Mais, Roggen u. a.), verzweigen sich nicht, sondern durchziehen das Blatt bogig oder parallel. Zuweilen gehen von dem Mittelnerv gleichlaufende Seitennerven aus (Banane). — Die Blütenteile sind meist in der Dreizahl vorhanden.



Roggenkorn: 1 von außen, 2 im Längsschnitte (etwa 10 mal vergr.); 3 unterer Teil (stärker vergr.). K Keimling; N Nährgewebe; FS die miteinander verwachsene Frucht- und Samenschale; Sch Schildchen; Kn Knospe; St Stengelchen; W Würzelchen.

Die Gefäßbündel sind unregelmäßig im Grundgewebe verstreut, ein Ring teilungsfähiger Zellen fehlt. Daher ist das Dickenwachstum der Stengel beschränkt. Jedes Stengelglied behält vielmehr den Umfang, den es bei Beendigung seines Längenwachstums hatte. Nur die Stämme einiger ausländischer Monokotyledonen besitzen ein nachträgliches Dickenwachstum (Drachenbaum, Agave). Unsere einheimischen Spitzkeimer sind krautartige, unverzweigte Gewächse.

Von den zahlreichen Familien sind die wichtigsten die der Gräser, der Palmen, der Liliengewächse und der Orchideen (Knabenkräuter). Die Gräser bedecken von allen Pflanzenfamilien den größten Teil der Erdoberfläche und umfassen in den Getreidepflanzen die wichtigsten Kulturgewächse. Die Palmen gehören zu den wertvollsten Pflanzen der heißen Länder.

b) Zweikeimblättrige Pflanzen, Blattkeimer oder Dikotyledonen. Bei den Dikotyledonen befinden sich die für den Keimling bestimmten Baustoffe entweder wie bei den Monokotyledonen in einem besonderen Abschnitt des Samens, dem Nährgewebe, oder in den beiden Keimblättern, die dann besonders groß erscheinen (Bohne, Erbse, Eiche, Walnuß u. a.). Am Keimling

erkennen wir außer den Keimblättern meist ein Würzelchen und die kleine Stammknospe. Das Würzelchen entwickelt sich zur Hauptwurzel, die zahlreiche Seitenwurzeln bildet und meist dauernd erhalten bleibt. Die Keimblätter treten gewöhnlich aus der Erde hervor und ergrünen.

Die Blätter sind fieder- oder handnervig, die Haupt- und Seitennerven durch zahlreiche Queradern verbunden, so daß ein Netz von Nerven entsteht. Die Blattfläche zeigt eine sehr verschiedene Ausbildung. Ganzrandige Blätter sind selten, der Blattrand besitzt vielmehr häufig Einschnitte. Auch zusammengesetzte Blätter sind vielfach anzutreffen. — Die Blütenteile sind meist in der Fünf- oder Vierzahl vorhanden.

Die Gefäßbündel sind wie bei den Nadelhölzern zu einem Ring angeordnet und enthalten die teilungsfähige Zellschicht des Kambiums. Durch Neubildung von Zellen nach außen und innen wächst der Stengel in die Dicke. — Die Dikotyledonen sind meist verzweigte Kräuter oder Holzgewächse. Alle unsere Sträucher und Bäume — von den Nadelhölzern abgesehen — sind Dikotyledonen.



Bau und Keimung der Bohne. 1—3 Die Hälfte der Samenhaut und ein Keimblatt sind entfernt. 4 Junge Pflanze. St Stengel; W Wurzel; K Knospe; Kb Keimblatt; N Nabel; 1. L erstes Laubblattpaar.

Die zweikeimblättrigen Pflanzen gliedern sich in zwei Reihen, in die getrenntblumenblättrigen und in die verwachsenblumenblättrigen Pflanzen.

Die getrenntblumenblättrigen Dikotyledonen haben in der Regel eine doppelte Blütenhülle (Kelch- und Blumenblätter). Doch fehlt mehrfach auch die Blütenhülle oder ist nur in der Einzahl vorhanden. Die Blätter der Blumenkrone sind nicht miteinander verwachsen. Hierher gehören z. B. die Familien der Birkengewächse, Becherfrüchtler, Weidengewächse, Wolfsmilchgewächse, Hahnenfußgewächse, Kreuzblütler, Mohngewächse, Schmetterlingsblütler und Doldengewächse.

Die verwachsenblumenblättrigen Dikotyledonen sind Pflanzen mit doppelter Blütenhülle (mit Kelch und Blumenkrone), bei denen die Blumenblätter wenigstens am Grunde miteinander verwachsen sind. Die wichtigsten Familien sind die der Heidekrautgewächse, Schlüsselblumengewächse, Lippenblütler, Rachenblütler, Nachtschattengewächse und Korbblütler.

Die Pflanzenwelt früherer Zeiten.

1. In der „Tierkunde“ haben wir die Geschichte der Tierwelt bis zu ihren ersten, dunklen Anfängen zurück verfolgt und dabei zugleich erfahren, wie die Entwicklung der Erde etwa zu denken sein dürfte. Ergänzend soll hier kurz dargelegt werden, was uns die Pflanzenreste jener weit hinter uns liegenden Zeiten erzählen, die wie die Tierreste als Steinkerne, Abdrücke, Versteinerungen oder auch in verkohltem Zustande auf uns gekommen sind.

Zeitalter	Formationen	Sporenpflanzen: Lagerpflanzen	Sporenpflanzen: Moose Farne	Samenpflanzen: Nacktsamer	Samenpflanzen: Bedecktsamer
Neuzeit	3. Jetztzeit oder Alluvium				
	2. Eiszeit oder Diluvium				
	1. Braunkohlenzeit oder Tertiär				
Mittelalter	3. Kreidezeit				
	2. Jurazeit				
	1. Trias				
Altertum	5. Perm				
	4. Steinkohlenzeit oder Karbon				
	3. Devon				
	2. Silur				
	1. Kambrium				
Urzeit					

Übersicht über die Entwicklung der Pflanzen.
Die Striche zeigen, in welcher Zeit die einzelnen Pflanzengruppen auftraten und (durch ihre verschiedene Stärke) welche Stellung sie in den verschiedenen Zeiträumen einnahmen.

2. Während aus der Urzeit der Erdentwicklung vor kurzem zweifellose Reste niederer Tiere bekannt geworden sind, haben wir von pflanzlichen Lebewesen dieser Zeiträume keine Kenntnis. Da es jedoch ein Tierleben ohne Pflanzenleben nicht geben kann, müssen damals bereits grüne Gewächse vorhanden gewesen sein. Wahrscheinlich waren es wasserbewohnende Algen.

3. Auch aus den ersten Zeiten des **Altertums** der Erde (aus dem Kambrium) sind uns keine Pflanzenreste überliefert worden. Später aber (im Silur) traten neben Algen sehr verschiedener Art bereits Landpflanzen auf. Letztere waren farnartige Gewächse, die schon in der folgenden Periode (Devon) eine große Vielgestaltigkeit zeigten.

Diese Pflanzen kamen in der nunmehr anbrechenden Steinkohlenzeit (Karbon) zu höchster Entwickelung. Neben eigentlichen Farnen traten Riesenformen von Schachtelhalmen auf und die zu den Bärlappgewächsen zählenden Schuppen- und Siegelbäume erreichten Höhen, zu denen sich gegenwärtig nur die Kronen unserer Waldbäume erheben. Außer diesen Sporengewächsen kamen auch Samenpflanzen vor, die sämtlich zu der Klasse der Nacktsamer gehörten. Aus den obersten, also jüngsten Schichten der Steinkohlenformation kennt man sogar schon die ersten Nadelhölzer, und zwar Formen, die unserer sog. Zimmertanne (Auracaria) sehr ähnlich gewesen sein müssen. Während dieser Zeiten herrschte —

wie ebenfalls schon ausgeführt wurde — wahrscheinlich auf der ganzen Erde ein feucht-heißes Tropenklima, und in den unermeßlichen Sumpfwäldern häuften sich jene riesigen Massen abgestorbener Pflanzenteile an, die gegenwärtig für uns in der Form der Steinkohle die höchste Bedeutung haben.

Noch bevor das Altertum (mit der Permzeit) zu Ende ging, verloren jedoch die farnartigen Pflanzen ihre „Herrschaft" immer mehr.

4. Zu Beginn des **Mittelalters** (in der Zeit der Triasformatien) herrschte auf allen Teilen der Erdoberfläche noch ein tropisches Klima. Die Stelle der farnartigen Gewächse, von denen die Riesenschachtelhalme und -bärlappe bereits fast gänzlich verschwunden waren, nahmen aber immer mehr die Samenpflanzen ein. Unter den Nacktsamern hatten die Gingkobäume und Palmfarne, die jetzt nahezu ausgestorben sind, die größte Verbreitung.

Mit Eintritt der Jurazeit machten sich in den verschiedenen Gebieten der Erde größere Wärmeunterschiede bemerkbar. Die Pflanzenwelt zeigte daher in den einzelnen Gegenden bald große Abweichungen voneinander, so daß sie der Gegenwart immer ähnlicher wurde. Unter den Nadelhölzern fanden sich bereits Verwandte unserer Tannen und Fichten.

Aus der hierauf folgenden Kreidezeit lassen sich zuerst Pflanzen nachweisen, deren Samen in Fruchtknoten eingeschlossen waren, die also zur Gruppe der bedecktsamigen Gewächse zählten, und zwar erschienen gleichzeitig Vertreter sowohl der zweikeimblättrigen als auch der einkeimblättrigen Pflanzen. Den Anfang machten Gewächse mit unscheinbaren Blüten, die durch den Wind bestäubt wurden (Birkengewächse, Becherfrüchtler u. a.). Sehr bald stellten sich aber auch solche mit auffälligen Blüten ein, deren Bestäubung durch Insekten erfolgte. Diese Pflanzen erreichten allerdings erst in dem nunmehr anbrechenden Zeitalter ihre höchste Entwickelung.

5. Am Anfange der **Neuzeit** (also in der Tertiärperiode) wies die europäische Pflanzenwelt noch Formen auf, deren Verwandte heute nur in wärmeren Ländern leben. So wurden z. B. unsere Gegenden noch von zahlreichen Palmen bewohnt; ferner bildeten hier Mammutbäume und Sumpfzypressen, derer schon früher gedacht wurde, große Bestände und im hohen Norden fand sich eine Pflanzenwelt, die in vielen Stücken mit der übereinstimmte, die jetzt in unsereren Breiten vorkommt. Man traf nämlich in Bezirken, in denen gegenwärtig eine mittlere Jahrestemperatur von —20° herrscht, damals neben Kiefern, Fichten, Tannen, Birken, Erlen u. dgl., auch Ahorne, Buchen, Eichen, Weinstöcke und andere Pflanzen an. Das Klima von Spitzbergen glich also etwa dem, wie es gegenwärtig in Mitteleuropa zu beobachten ist. In diesen Zeiten bildete sich die Braunkohle, an deren Entstehung namentlich Nadelholzarten beteiligt waren. Unter ihnen nahmen die soeben erwähnten Mammutbäume und Sumpfzypressen, die sich bis auf unsere Tage lebend erhalten haben, wieder eine hervorragende Stellung ein. Das Harz vorweltlicher Fichten, der sog. Bernsteinbäume, ist der Bernstein, der an der Küste der Ostsee gefunden wird.

Allmählich muß aber eine mehr und mehr zunehmende Abkühlung von den Polen her erfolgt sein; denn die wärmeliebenden Pflanzen wanderten immer weiter nach dem Äquator zu, während die der kälteren Bezirke ihre Stelle einnahmen. Hierbei gingen viele Arten zugrunde. Diese Vernichtung erreichte ihren höchsten Grad, als sich in der Eiszeit (Diluvialzeit) weite Gebiete mit gewaltigen Gletschern bedeckten. Dadurch wurde die Pflanzenwelt dieser Gegenden eine völlig nordische und nur an besonders günstigen Stellen war es einigen wärmeliebenden Arten möglich, sich vor dem Untergange zu retten. Dies gilt z. B. von dem Walnußbaume, der u. a. auf den Gebirgen der Balkanhalbinsel eine Zuflucht fand, sowie von der Sumpfzypresse, dem Mammutbaume und der Weymouthskiefer, die sich in gewissen Teilen Nordamerkas erhalten konnten.

Als nach außerordentlich langen Zeiträumen das Klima der nördlichen Erdhälfte wieder milder wurde, schmolz die gewaltige Decke des „Inlandeises" nach und nach ab. Hierdurch wurden aber in der nunmehr anbrechenden Jetztzeit (Alluvium) weite Gebiete für eine erneute Ansiedlung von Pflanzen frei. Die vorher nach Süden gedrängten Gewächse suchten


Zweig der Zwergbirke.

daher ihre alten Wohnplätze wiederzugewinnen und von Osten her hielten andere Arten ihren Einzug. Es währte daher auch nicht lange, so waren die eingewanderten nordischen Formen wieder verschwunden. Nur wenige von ihnen blieben im Hochgebirge, auf den höchsten Erhebungen der Mittelgebirge oder in weiten Moorgebieten zurück, wo sie gegenwärtig noch angetroffen werden. Als ein solcher eiszeitlicher Überrest (Relikt) wird z. B. die hier abgebildete Zwergbirke angesehen, die auf den angegebenen Stellen auch in unserem Vaterlande zu finden ist.

Vom Bau und Leben der Pflanze.

Wie in einem früheren Abschnitte (vgl. H. III S. 187) bereits besprochen worden ist, besteht der Körper der Pflanzen aus Zellen. Diese sind nicht nur die „Bausteine" sondern auch die Träger der Lebenstätigkeiten. Gewöhnlich liegen viele gleichartige Zellen beieinander und bilden ein Gewebe (H. III S. 193). Nach den sehr verschiedenen Aufgaben, die die einzelnen Teile des Pflanzenkörpers meist zu verrichten haben, sind nun auch die Gewebe, aus denen die Teile bestehen, recht verschieden, so daß man viele Gewebeformen unterscheiden kann. Die Vorteile der damit verbundenen „Arbeitsteilung" sind besonders in der Tierkunde mehrfach hervorgehoben worden.

An den Blütenpflanzen und farnartigen Gewächsen unterscheiden wir eine Menge einzelner Teile. Alle diese Teile lassen sich — so verschieden sie auch zu sein scheinen — auf zwei Grundglieder zurückzuführen: auf Wurzel und Sproß, der wieder aus Stamm und Blättern besteht. Allerdings treten uns die Grundglieder in sehr mannigfaltiger Ausbildung entgegen. Ohne ihre Entwicklung zu kennen, kann man vielfach überhaupt nicht entscheiden, ob es sich um Wurzel, Stamm oder Blatt handelt. So sind — wie früher erwähnt — z. B. die Knollen des Knabenkrautes Wurzelgebilde, die der Kartoffel dagegen verkürzte und stark angeschwollene Teile eines Sprosses; so haben wir ferner in den Dornen des wilden Birnbaumes Stengelgebilde, in denen des Kaktus dagegen umgewandelte Blätter vor uns usw.

I. Vom Bau und Leben des Blattes.

Die Blattarten (Niederblätter, Laubblätter und Hochblätter; dann Blätter der Blüten und Keimblätter) und ihre Bedeutung sowie die Blattstellung sind bei der Zusammenfassung der Grundbegriffe, H. I S. 39, schon berücksichtigt worden. Es erübrigt sich noch eine Darstellung des inneren Baues und der Aufgaben der Laubblätter.

1. Das Blatt als Werkzeug der Aneignung oder Assimilation der Nährstoffe.

A. Die Aneigung oder Assimilation der Nährstoffe.

1. **Bestandteile und Nährstoffe der Pflanzen.** Das grüne Blatt ist für die Pflanze von größter Wichtigkeit, denn es besorgt, wie schon früher wiederholt angedeutet worden ist, die Umwandlung der zum Aufbau der Pflanze nötigen Rohstoffe. In einer kürzeren Besprechung der Ernährung der Pflanzen (Heft III S. 197) ist bereits festgestellt worden, daß alle Teile der lebenden Pflanze von Wasser durchtränkt sind. (Daher gibt es ohne Wasser kein Pflanzenleben! Vertrocknen der Pflanzen; Wüsten!) Ausgetrocknete Pflanzenteile sind verbrennbar, d. h. sie enthalten Kohlenstoff, der uns in der Holzkohle fast rein entgegentritt. Da das Protoplasma ein eiweißhaltiger Körper ist und Eiweiß sich nur beim Vorhandensein von Stickstoff bildet, ist auch dieser Stoff in jeder Pflanze anzutreffen. Verbrennt man eine Pflanze, so bleibt Asche zurück, die aus zahlreichen chemischen Grundstoffen oder Elementen zusammengesetzt ist. Durch Versuche ist jedoch erwiesen, daß die Pflanze von diesen nur Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen zu ihrem Gedeihen bedarf. Diese Elemente sind neben Kohlenstoff, dem Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff die notwendigen Baustoffe der Pflanze. Sie müssen daher (in Form von Verbindungen!) mit der Nahrung aufgenommen werden, weshalb man sie auch als Nährstoffe bezeichnet.



Maispflanze, in einer Nährlösung wachsend.

2. **Die Assimilation der Nährsalze.** Daß die (grüne) Pflanze ihren Körper wirklich aus den genannten Elementen aufbaut, soll uns ein einfacher Versuch zeigen: Wir bieten einer Pflanze außer der nötigen Wärme und dem notwendigen Lichte nichts weiter als einfache Verbindungen dieser Elemente dar. Zu diesem Zwecke stellen wir eine Nährlösung her, d. h. wir lösen in je einem Liter destillierten Wasser folgende Nährsalze in den angegebenen Mengen auf:

1 g salpetersaures Kalzium; $Ca(NO_3)_2$,
0,25 g Chlorkalium; KCl,
0,25 g schwefelsaures Magnesium; $MgSO_4$,
0,25 g Monokaliumphosphat; KH_2PO_4.

Nachdem wir der Flüssigkeit noch einige Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung ($FeCl_3$) zugesetzt haben, füllen wir damit ein großes, mehrere Liter fassendes Glasgefäß. Diese Nährlösung bieten wir einem in feuchten Sägespänen gekeimten Maiskeimlinge als Nahrung dar. Wir befestigen ihn so in dem durchbohrten Kork des Gefäßes, daß nur die Wurzeln in die Flüssig-

keit tauchen. Stellen wir das Gefäß nun an ein sonniges Fenster, so wächst der Keimling nach und nach zu einer stattlichen Pflanze heran.

Vergleichen wir die Maispflanze mit dem winzigen Maiskorne, aus dem sie hervorgegangen ist, so müssen wir sagen, daß sie eine große Menge von Pflanzenstoffen gebildet hat. Da ihr aber nichts weiter zur Verfügung stand als Wasser und Nährsalze sowie die Bestandteile der Luft (Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure), so muß sie ihren Körper aus diesen Stoffen aufgebaut haben. Die kohlenstoffhaltigen Stoffe, aus denen der Körper der Pflanzen und Tiere, also der der Lebewesen oder Organismen, besteht, nennt man, wie ebenfalls schon früher (Heft III S. 198) erwähnt ist, kurz: organische. Die Stoffe dagegen, die in ihrer ursprünglichen Form den Pflanzen- oder Tierkörper niemals bilden können, sind „anorganische". Wir können von der Maispflanze also wiederum (vgl. Heft III S. 198) sagen, daß sie aus anorganischen Stoffen organische erzeugt bzw. diese Stoffe sich gleichsam ähnlich gemacht oder assimiliert hat. Diese Aneignung anorganischer Stoffe haben wir kurz als Assimilation bezeichnet. Verwendeten wir zu unseren Versuchen andere (grüne) Pflanzen, so würden wir denselben Vorgang beobachten, der in Feld, Wald und Flur sich jahraus, jahrein in größtem Maßstabe vollzieht.

3. **Die Assimilation des Kohlenstoffes.** a) Der Körper aller Pflanzen, also auch der unserer Versuchspflanze, enthält, wie wir gesehen haben, Kohlenstoff. Von ihm war aber in der Nährlösung auch nicht eine Spur vorhanden. Da die Maispflanze außer mit dieser Flüssigkeit nur noch mit der atmosphärischen Luft in Berührung gekommen ist, kann sie den Kohlenstoff auch nur der Luft entzogen haben.

Die Luft enthält bekanntlich eine Kohlenstoffverbindung, das Kohlendioxyd, CO_2, wie durch Kalkwasser leicht nachgewiesen werden kann (weißer Niederschlag von Calciumkarbonat, $CaCO_3$). Dieses Gas allein kann den Pflanzen den zum Aufbau ihres Körpers nötigen Kohlenstoff liefern, obwohl es nur 0,03 bis 0,04% der Luft ausmacht.

b) Nachgewiesen werden kann die Aneignung des Kohlenstoffes durch den Versuch mit der Wasserpest (Heft III S. 198). Es ergibt sich dabei, daß die Versuchspflanze aus dem Wasser kohlensäurehaltige Luft aufnimmt und die Kohlensäure bzw. das Kohlendioxyd zerlegt: Der Sauerstoff wird ausgeschieden, der Kohlenstoff dagegen zurückbehalten.

Daß der Sauerstoff durch Zerlegung des Kohlendioxyds gewonnen wird, beweisen folgende Tatsachen: Ist in unserm Versuche die Entwicklung des Sauerstoffes eine Zeitlang vor sich gegangen, so wird sie allmählich schwächer, bis sie schließlich ganz aufhört (die Kohlensäure ist verbraucht!). Bringt man in das Wasser aber jetzt etwas Kohlensäure (etwa durch Zugießen von etwas kohlensaurem Wasser), so beginnt die Sauerstoffausscheidung alsbald von neuem. Oder: legt man Teile der Wasserpest in Wasser, aus dem zuvor durch Kochen alle Luft und daher auch die Kohlensäure entfernt worden ist, so findet eine Sauerstoffausscheidung überhaupt nicht statt.

c) Wie unsere Versuchspflanze verhalten sich alle (grünen) Gewächse der Erde: Sie entziehen den zur Herstellung organischer Stoffe nötigen Kohlenstoff der atmosphärischen Luft und geben ihr den dabei freiwerdenden Sauerstoff zurück. Wenn man bedenkt, welch riesige Menge von Kohlenstoff schon ein einziger Wald in seinen Bäumen aufspeichert, und welche Massen Kohlendioxyd sämtliche Pflanzen der Erde schon an einem einzigen Tage der Luft entziehen, so — sollte man meinen — müßte ihr Kohlendioxydvorrat schließlich erschöpft werden. Das ist jedoch nicht der Fall. Durch die Verwesung und die Atmung der unzähligen Millionen von Tieren und Pflanzen, durch das Verbrennen von Holz und Kohlen und durch die Tätigkeit der Vulkane wird der Verbrauch immer wieder ausgeglichen, so daß der Kohlendioxydgehalt der Luft stets derselbe bleibt.

Ebenso verhält es sich mit der Sauerstoffmenge der Luft. Sie müßte infolge der Assimilation der Pflanzen beständig vermehrt werden, wenn nicht jedes Tier und jeder Mensch mit jedem Atemzuge etwas von diesem Gase verbrauchten und wenn nicht bei jeder Verbrennung und Verwesung Sauerstoff gebunden würde.

In der Natur findet also ein gewaltiger Kreislauf der beiden wichtigen Gasarten statt. Das Kohlendioxyd, dessen die Pflanze zur Ernährung bedarf, atmen Tier und Mensch aus und der von der Pflanze bei der Assimilation ausgeschiedene Sauerstoff ist für Tier und Mensch „Lebensluft". Ohne Pflanzenleben daher — kein Tier- und Menschenleben.

B. Nur grüne Pflanzen und Pflanzenteile assimilieren.

Nicht alle Pflanzen oder Pflanzenteile sind jedoch imstande zu assimilieren. Pflanzenteile, die des Blattgrüns (Chlorophylls) entbehren, scheiden, auch wenn sie in derselben Weise wie die Wasserpest dem Sonnenlichte ausgesetzt werden, keinen Sauerstoff aus. Es findet also auch keine Assimilation statt. (Versuch mit Kartoffelknollen oder gelben Rüben! Vgl. Heft III S. 199.)

Von großer Bedeutung für das Verständnis der Bedingungen, unter denen die Assimilation erfolgt, ist folgender Versuch: Setzen wir einen Maiskeimling in eine Nährlösung, der jedoch das Eisen fehlt, so entwickelt sich anfangs ein gesundes Pflänzchen. Nachdem das dritte oder vierte Blatt entfaltet ist, stellen sich aber Krankheitserscheinungen ein: Die sich jetzt bildenden Blätter bleiben vollkommen weiß und das Pflänzchen wird immer schwächlicher, bis es schließlich eingeht. Wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, sind in den bleichen Blättern nur farblose Blattgrünkörper zu finden. Setzen wir aber der Nährlösung einer zweiten „bleichsüchtigen" Versuchspflanze einige Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung zu, so fangen oft schon nach zwei Tagen die weißen Blätter an, grün zu werden; nach wieder einigen Tagen sind sie bereits von andern grünen Maisblättern nicht zu unterscheiden und nunmehr schreitet die Entwicklung der Pflanze ungehindert fort. Auf dünnen Querschnitten durch ein Blatt finden wir jetzt zahlreiche, grüne Blattgrünkörper. Dieser Versuch beweist wiederum, daß die Assimilation an das Vorhandensein des Blattgrüns gebunden ist, er zeigt aber ferner auch, daß zur Bildung des Blattgrüns Eisenverbindungen notwendig sind.

Alle grünen Teile der Pflanze vermögen also diese Arbeit zu leisten. Da nun die Laubblätter besonders reich an Blattgrün sind, stellen sie auch die bei weitem wichtigsten Ernährungswerkzeuge der Pflanze dar. Diese Erkenntnis macht es uns z. B. verständlich, warum Bäume eingehen („verhungern"), wenn sie durch Raupenfraß wiederholt alles Laub verlieren, oder weshalb das in vielen Gegenden übliche Abblättern die Rüben in ihrer Entwicklung hemmt usw.

Die Teile der grünen Pflanzen, die des Chorophylls entbehren (Wurzeln, Blumenblätter, Stämme usw.), müssen daher von den grünen Teilen ernährt und aus den in jenen bereiteten Stoffen aufgebaut werden.

In derselben Lage befinden sich auch die blattgrünfreien (oder sehr blattgrünarmen) Pflanzen. Sie sind genötigt, die zum Leben und Aufbau ihres Körpers notwendigen Stoffe in assimiliertem, fertigem Zustande aufzunehmen. Daher sind diese Pflanzen Schmarotzer (Parasiten) wie die Hopfenseide oder Fäulnisbewohner (Saprophyten), wie wir das an zahlreichen Pilzen sowie an verschiedenen bleichen Gestalten aus der großen Abteilung der Blütenpflanzen (dem Fichtenspargel, der Nestwurz u. a.) gesehen haben.

Endlich sind auch die zahllosen Tiere und Menschen, die die Erde bevölkern, außerstande, sich von Wasser, Nährsalzen und Kohlendioxyd zu ernähren. Alle sind auf die organischen Stoffe angewiesen, die von der grünen Pflanze bereitet werden (Wanderung des Kohlenstoffs!). Ohne Pflanzenleben kann es also auch aus diesem Grunde weder Tier- noch Menschenleben geben.

C. Die Assimilation erfolgt nur im Lichte.

Die grünen Pflanzen sind jedoch wieder nur unter gewissen Bedingungen imstande zu assimilieren. Es ist bereits früher (Heft III, S. 199) darauf hingewiesen worden, daß eine Sauerstoffausscheidung durch die Wasserpestzweige nur im Sonnenlicht erfolgt. Oder ein andrer Versuch: Wir lassen einige Maiskörner keimen, die wir zuvor genau gewogen haben, und setzen zwei davon wieder in je ein Glas mit Nährlösung. Beide Gefäße stellen wir nebeneinander (gleiche Lebensbedingungen!), überdecken aber das eine mit einem Pappkasten, so daß das Pflänzchen ohne Licht heranwächst. Nach einigen Wochen nehmen wir die Pflanzen aus den Gefäßen, trocknen sie beide in derselben Weise und stellen ihr Trockengewicht fest. Es ergibt sich, daß die im Dunkeln gewachsene Pflanze an Gewicht verloren, die andre dagegen stark gewonnen hat. Demnach findet eine Stoffvermehrung in der Pflanze, eine Assimilation, nur in Gegenwart von Licht statt. Von der Sonne hängt somit alles Leben ab, das Pflanzenleben sowohl wie das Tier- und Menschenleben. Mit Recht bezeichnen wir sie daher als die „Lebenserregerin", als — die „Mutter des Lebens". Ohne sie wäre die Erde ein in Eis erstarrter, unbelebter Ball. Auch die Wärme und Arbeit, die uns die Kohlen spenden, ist nichts anderes als Sonnenkraft, die durch unermeßliche Zeiträume hindurch aufgespeichert wurde.

In dunklen Räumen (Höhlen u. dgl.) vermögen daher auch keine grünen Pflanzen zu leben, während Schmarotzer und Fäulnisbewohner (Pilze im Holze der Bergwerke u. dgl.)



1 Feld-Champignon.



2 Pfifferling.



3 Echter Reizker.



4 Steinpilz.



5 Spitz-Morchel.



6 Speise-Lorchel.

dort wohl existieren können. Daher ist ferner der Pflanzenwuchs in engen Schluchten, auf dem Grunde dichter Wälder, unter belaubten Bäumen (im Garten!) und dgl. um so dürftiger, je weniger Lichtstrahlen ihren Weg bis zum Boden herab finden. Daher vermögen endlich auch viele Pflanzen in solchen Zimmern nicht zu gedeihen, in denen sie oft kaum einen Sonnenstrahl erhalten.

Die Tatsache, daß die blattgrünführende Pflanze nur im Lichte assimilieren kann, macht uns zahlreiche Einrichtungen im Bau der Pflanze leicht verständlich:

1. Pflanzenteile, die Chlorophyll besitzen, finden sich nur im Lichte. Dementsprechend erheben sich Stamm und Zweige als Träger der wichtigsten Assimilationswerkzeuge, der Blätter, über den Erdboden. — Zellen, die Blattgrün enthalten, haben glashelle Wände, die dem Lichte den Eintritt in das Innere gestatten. — Da die Laubblätter bis auf wenige Ausnahmen flächenförmige Gebilde sind, die sich mit Lichtschirmen vergleichen lassen, liegen ihre Zellen in einer großen Fläche ausgebreitet. Sie können mithin alle auch durchleuchtet werden.

2. Schattenpflanzen müssen sich mit stark gedämpftem Lichte begnügen. Dieser Nachteil wird zumeist durch große und dünne Blätter ausgeglichen; denn große Blattflächen vermögen auch eine große Anzahl von Lichtstrahlen aufzufangen und dünne Blätter können selbst von schwachem Lichte noch durchleuchtet werden. Blätter dieser Art besitzen zahlreiche Waldgewächse (Farne, Lerchensporn u. a.). Auch an Pflanzen derselben Art, die an verschiedenen Standorten wachsen (Gartenbohne), oder auch an Blättern ein und derselben Pflanze (Buche) sind oft große Verschiedenheiten hinsichtlich der Größe und Stärke zu beobachten. — Lange und bewegliche Blattstiele ermöglichen (z. B. beim Weinstock), die Blätter senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichtes zu stellen (Vorteil!).



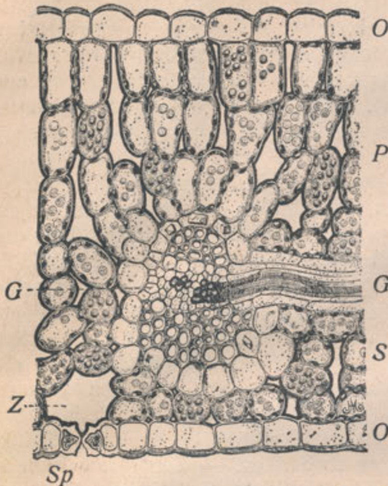
Blätter einer Buche, von denen sich 1 im Schatten und 2 im vollen Lichte entwickelt hat.

3. Als wichtigste Mittel, alle oder möglichst viele Blätter des Lichtes teilhaftig werden zu lassen, seien erwähnt: die Unterschiede in der Blattgröße und in der Länge der Zweige (die unteren Blätter sind vielfach größer oder länger gestielt als die oberen; die unteren Zweige sind in der Regel länger als die oberen), die verschiedene Anordnung der Blätter, so daß sie sich gegenseitig nicht das Licht rauben (Blattrosette, Mosaik, Drehung der Blattstiele und Stengelglieder), die Schaffung von Lichtdurchlässen für die unteren Blätter durch mehr oder weniger weitgehende Zerteilung der Blattfläche bzw. durch geeignete Verteilung der Blätter am Stengel.

D. Die Assimilation und der feinere Bau des Laubblattes.

1. **Die Zellschichten des Laubblattes.** Wie schon früher besprochen wurde (vgl. H. III S. 193), sehen wir bei mikroskopischer Betrachtung eines Blattquerschnittes mehrere Zellschichten. Oben befindet sich die aus einer Zellreihe gebildete Oberhaut oder Epidermis. Darunter liegt das Grund-

gewebe, in dem eine ringförmige Zellgruppe (Blattnerv) eingelagert ist. In dem Grundgewebe sind leicht zwei Schichten zu unterscheiden, die aus langgestreckten, dicht geschlossenen Zellen bestehende Palisadenschicht und die Schwammschicht, deren Zellen unregelmäßig geformt und locker gereiht sind, so daß zwischen ihnen luftgefüllte Räume liegen. (Es gibt allerdings auch Blätter, bei denen die Schichten des Grundgewebes eine andere Ausbildung zeigen).



Querschnitt durch ein Laubblatt (vom Klee). O Oberhaut. P Palisadenschicht. G Gefäßbündel (Blattnerv; s. S. 60). S Schwammschicht. Sp Spaltöffnung. Z Zwischenzellraum. (Etwa 160 mal vergr.)

2. **Das Chlorophyll.** a) Die Zellen des Grundgewebes sind reich an Chlorophyllkörnern. Besonders zahlreich finden sie sich in den Zellen der Palisadenschicht. Diese ist also das eigentliche Assimilationsgewebe. Damit stimmt ihre Lage an der Oberseite des Blattes überein (wieso?). Durch den größeren Reichtum an Chlorophyllkörnern wird auch die dunklere Färbung der Blattoberseite bedingt. Der Oberhaut fehlen die Chlorophyllkörner.

b) Das Blattgrün läßt sich leicht gewinnen, wenn man grüne Blätter (junge Getreidepflanzen) eine Zeitlang in Wasser kocht und sodann in starken, heißen Alkohol legt. Setzt man einen Teil der gewonnenen Flüssigkeit, die bei durchfallendem Lichte prachtvoll tiefgrün (bei auffallendem infolge von Fluoreszenz dagegen blutrot) gefärbt ist, dem direkten Sonnenlichte aus, so geht das Grün sehr bald in schmutziges Braun über. Der andere Teil der Lösung dagegen, den wir im Dunkeln aufbewahren, behält die grüne Färbung noch lange Zeit. Das Blattgrün wird also durch die grellen Sonnenstrahlen zerstört.

Dieser Vorgang tritt natürlich auch in der Pflanze ein. Da sie aber beständig grün erscheint, muß sich das Blattgrün in dem Maße, in dem es zerstört wird, fortgesetzt neu bilden. Ist die Zerstörung größer als die Neubildung, so beginnt die Pflanze zu kränkeln, bis sie schließlich zugrunde geht; denn ohne Blattgrün gibt es ja keine Assimilation.

Die grünen Pflanzen sind auch gegen ein Übermaß von Licht geschützt. Besonders gilt dies für junge Blätter, die das Blattgrün nicht so schnell wieder ersetzen könnten, wie es zerstört werden würde. Bei ihnen finden sich in den Zellen vielfach rote Farbstoffe, die das Licht aufsaugen und dessen zerstörende Kraft somit abschwächen (Kirschbaum, Rhabarber, Rose usw.). Ist das Blatt vollkommen ausgebildet, so verschwindet die Rotfärbung.

3. **Die Oberhaut, ein Schutzorgan.** Die Zellen der Oberhaut haben die Form von Platten, die so fest und eng aneinander schließen, daß sie sich häufig als eine feine Haut vom Blatte abziehen lassen. Vielfach (z. B. bei der Kartoffel, dem Wurmfarne, Alpenveilchen u. v. a.) greifen sie noch durch Vorsprünge und Einschnitte ineinander (vgl. die Abb. S. 60). Der Innenraum der Oberhautzellen ist größtenteils mit farblosem Zellsafte gefüllt.

Die nach außen gerichteten Wände dieser Zellen sind stets verdickt und durch Einlagerung wasserdichter, wachsartiger Stoffe ausgezeichnet, die zusammenfassend Kutin genannt werden.



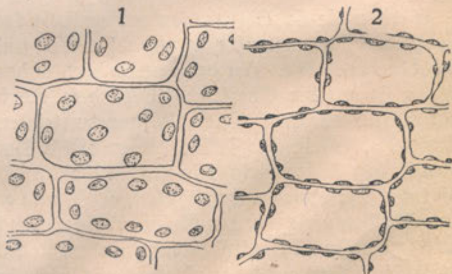
Querschnitt durch die Oberhaut eines Blattes. O Oberhaut; K Kutikula. Unter der Oberhaut Teile von Zellen mit Blattgrünkörpern. (Vergr. 300 mal.)

Die äußerste, an diesen Stoffen besonders reiche Schicht erscheint als ein dünnes Häutchen, das sich ohne Unterbrechung über die ganze Außenfläche der Oberhaut hinwegzieht und als Kutikula bezeichnet wird. Setzt man einem Blattquerschnitte konzentrierte Schwefelsäure zu, so werden alle Teile aufgelöst. Nur die Kutikula bleibt zurück, ein Zeichen für ihre außerordentliche Widerstandsfähigkeit. Da sie zudem gleich einem mit Öl oder Wachs getränkten Papier für flüssige oder gasförmige Stoffe (Wasser und Wasserdampf) fast undurchdringlich ist, eignet sie sich vortrefflich dazu, den Körper der Pflanze nach außen abzuschließen.

Die Oberhaut ist also ein Gewebe von großer Festigkeit und hierin liegt auch in erster Linie ihre Bedeutung: Ihre Zellen bilden gleichsam eine lebende Mauer, unter deren Schutze die anderen „Bürger des Zellstaates" ihre friedliche Arbeiten verrichten können.

a) Die Assimilationswerkzeuge, d. h. die Zellen der Palisaden- und Schwammschicht, sind außerordentlich zarte, dünnwandige Gebilde. Jeder Windstoß würde sie zerfetzen und jeder heftig aufschlagende Regentropfen müßte sie vernichten, wenn sie nicht unter der widerstandsfähigen Oberhaut Schutz fänden.

b) Lägen die zarten Assimilationswerkzeuge frei da, so würden sie in kurzer Zeit auch so viel Wasser durch Verdunstung verlieren, daß sie vertrocknen, d. h. ihre Tätigkeit bald einstellen müßten. Die Kutikula gewährt ihnen jedoch einen Schutz gegen Verdunstung, da sie, wie erwähnt, für Wasser nur wenig durchlässig ist. — Pflanzen, die untergetaucht im Wasser leben (Wasserpest, Hornblatt u. a.), sind der Gefahr des Vertrocknens nicht ausgesetzt. Sie haben dementsprechend auch nur eine sehr zarte Oberhaut. Die Kutikula ist außerordentlich dünn oder fehlt ganz. (Besondere Schutzeinrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung vgl. S. 67).



Stellung der Blattgrünkörper: 1 im zerstreuten und 2 im direkten Lichte. Die Lichtstrahlen fallen so ein, daß sie die Buchfläche senkrecht treffen würden.

c) Die Assimilationswerkzeuge müssen — wie bereits erwähnt — aber auch gegen zu grelles Licht geschützt sein. Sie bedürfen daher eines Lichtdämpfers. Als solcher wirkt gleichfalls die Oberhaut. Zu diesem Schutzmittel treten bei Pflanzen, die an sehr sonnigen Orten gedeihen, vielfach noch andere hinzu: so z. B. ein Haarkleid (Königskerze u. v. a.), ferner eine glatte, glänzende Oberfläche, die viele Lichtstrahlen zurückwirft. Endlich schützen sich auch die Chlorophyllkörner selbst gegen allzu starke Einwirkung der Sonne. Während sie nämlich

im zerstreuten Lichte den einfallenden Strahlen ihre Breitseite darbieten, stellen sie sich bei grellem Lichte so, daß nur ihre Schmalseite davon getroffen wird.

d) Wie alle Lebenserscheinungen der Pflanzen (und Tiere!) geht auch die Assimilation nur bei einer gewissen Wärme vor sich. Sinkt die Temperatur zu tief, so stellen die Zellen ihre Tätigkeit ein (unsre Pflanzen im Winter!). Steigt sie zu hoch, dann geschieht dasselbe.

4. **Die Durchlüftung der assimilierenden Pflanzenteile.** Wir haben gesehen, daß der gesamte Kohlenstoff des Pflanzenkörpers von dem Kohlendioxyd der atmosphärischen Luft stammt. Die Luft enthält jedoch nur außerordentlich geringe Mengen dieses Gases (vgl. S. 54). Die Pflanze muß also riesige Luftmengen verarbeiten, um den wichtigen Baustoff zu erlangen. Die Zellen, die diese Arbeit zu leisten haben, können daher nicht innig genug mit der Luft in Berührung kommen. Da aber — wie wir soeben erkannt haben — die zarten Werkzeuge nicht frei daliegen können, tritt die Luft in das Innere der Pflanze ein. Dies erfolgt durch die große Anzahl feinster Öffnungen der Oberhaut, die zumeist von zwei halbmondförmigen Zellen, den sog. Schließzellen, gebildet und nach ihrer Form als Spaltöffnungen bezeichnet werden. Besonders reich daran sind die Hauptwerkzeuge der Ernährung, die grünen Blätter. So besitzt z. B. ein mittelgroßes Kohlblatt etwa 11 Millionen und ein Blatt der Sonnenblume gar 14 Millionen dieser winzigen Öffnungen.



Spaltöffnungen in der Oberhaut des Blattes vom Alpenveilchen. S Schließzellen. (Vergr. 200 mal.)

Werden die Spaltöffnungen verstopft, so kann auch keine Luft in das Blatt einströmen. Sie finden sich dementsprechend, gegen Tau und Regen wohl geschützt, in der Regel auf der Blattunterseite. Bei der Seerose und anderen Pflanzen mit Schwimmblättern dagegen liegen sie auf der Oberseite. (Besondere Einrichtungen zur Verhinderung des Verschlusses vgl. S. 67!) Die durch die Spaltöffnungen eintretende Luft verteilt sich in den Zwischenzellräumen, so daß alle Zellen, die an diesen Kanälen liegen, von ihr umflossen werden. Da nun in den Zellen gleichfalls Luft enthalten ist, die aber infolge der Zerlegung des Kohlendioxyds eine etwas andere Zusammensetzung zeigt, so findet nach dem Gesetze der Osmose zwischen den verschiedenen Gasen ein Austausch statt. Infolge dieses Vorganges wird aber die Luft in den Zwischenzellräumen verändert und darum muß auch durch die Spaltöffnungen ein beständiger Luftwechsel erfolgen. Der Gasaustausch durch die Wände der Assimilationszellen wird durch die Zartheit dieser Gebilde wesentlich erleichtert.

5. **Die Blattnerven.** Das Blatt wird von einem festen Gerüst durchzogen, zwischen dessen Teilen die Zellschichten ausgespannt sind. Dieses Gerüst stellen die Blattnerven oder Blattadern dar. Sie verleihen dem Blatt gleichzeitig eine Sicherung gegen die Angriffe des Windes. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist im einzelnen sehr verschieden, stets aber so wirksam, daß man selbst nach einem Sturme die Blätter meist völlig unver-

letzt antrifft. (Beachte daraufhin besonders die großen und zarten Blätter z. B. des Tabaks, des Nußbaumes, der Sonnenblume und des Kürbis).

Wesentlich unterstützt werden die Nerven hierbei durch die Oberhaut, die am Blattrande stets erheblich verdickt ist. Durch diese Einrichtung erscheinen die Blätter wie ein Tuch oder eine Fahne gleichsam gesäumt. (Über die weitere Bedeutung und den Bau der Blattnerven s. später!)

E. Welche organischen Körper werden durch die Assimilation gebildet?

Wie die Assimilation im einzelnen verläuft, ist trotz der unablässigen Arbeit zahlreicher Forscher noch durchaus nicht vollkommen enthüllt. In den meisten Pflanzen ist das erste sichtbare Produkt dieses Vorganges ein Kohlenhydrat, nämlich die Stärke.



Stärkekörner: 1 der Kartoffel, 2 der Bohne und 3 des Hafers. (Vergr. etwa 275mal.)

1. **Die Stärke,** wie wir sie im Haushalte und zu gewerblichen Zwecken verwenden, gewinnen wir aus dem Samen einiger Getreidearten (Weizen, Mais, Reis), den Knollen der Kartoffel sowie aus den Stämmen (Sagopalme) und den Wurzelstöcken einiger ausländischer Pflanzen. Bringen wir ein wenig Stärke in einem Wassertropfen unter das Mikroskop, so erkennen wir, daß sie aus winzigen Körnern zusammengesetzt ist, die je nach der Pflanze, aus der sie stammen, eine verschiedene Form zeigen. So bestehen die Stärkekörner der Kartoffel aus deutlichen Schichten, die um einen exzentrischen Kern gelagert sind. Die Stärkekörner der Getreidearten und Hülsenfrüchte dagegen erscheinen konzentrisch gebaut.

Betupfen wir einige Körner frischer Stärke mit Jodlösung, so färben sie sich alsbald heller oder dunkler blau bis blauschwarz. In der Jodlösung haben wir also ein vorzügliches Erkennungsmittel der Stärke vor uns. Benutzen wir dieses Reagens, um die Stärkebildung in Blättern nachzuweisen!

Zu diesem Zwecke stellen wir eine Kapuzinerkresse, wie sie sich leicht im Blumentopfe ziehen läßt, etwa 24 Stunden ins Dunkle und schneiden von ihr sodann einige Blätter ab. Nachdem wir diese Blätter eine Zeitlang gekocht (Protoplasma wird getötet!) und ihnen durch Alkohol das Blattgrün entzogen haben, bringen wir sie in eine stark verdünnte Jodlösung: Sie bleiben farblos, ein Zeichen, daß sie keine Stärke enthalten. (Dieser Versuch ist zugleich ein Beweis dafür, daß die Blätter im Dunkeln nicht assimilieren.)

Darauf stellen wir die Pflanze ins Freie und untersuchen an einem Nachmittage wieder einige Blätter auf dieselbe Weise: Sie färben sich tiefblau, enthalten also reichlich Stärke. Aus dem Kohlenstoff des in das Blatt eingetretenen Kohlendioxyds und den Elementen des Wassers ist die Stärke, $C_6H_{10}O_5$, entstanden. Der Vorgang ist jedoch kein einfacher Aufbau des Stärkemoleküls, es entstehen vielmehr zunächst andre Stoffe. — Bei mikroskopischer Betrachtung sieht man, daß in den Blattgrünkörperchen kleine Stärkekörnchen enthalten sind.


Blattgrünkörper aus einem Moosblatte, in denen sich durch Assimilation kleine Stärkekörnchen gebildet haben. (Sehr stark vergr.)

Die bei der Assimilation erhaltene Stärke bildet nun den Ausgangspunkt für alle in der Pflanzenzelle enthaltenen Kohlenstoffverbindungen.

2. **Die Eiweißstoffe** enthalten außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Stickstoff, Schwefel und häufig auch Phosphor. Die drei zuletzt genannten Elemente werden in Form von Nährsalzen dem Boden entnommen und vereinigen sich in einer uns noch unbekannten Weise mit den Bestandteilen der Stärke, nachdem diese vorher in ein anderes lösliches Kohlenhydrat übergegangen ist.

Daß die Pflanze den Stickstoff, obgleich er 79% der atmosphärischen Luft ausmacht, im Gegensatze zum Kohlenstoff wirklich nur dem Boden zu entnehmen vermag, können wir mit Hilfe einer Maispflanze, die wir wieder in einer Nährlösung ziehen, leicht nachweisen. Setzen wir nämlich der Nährlösung statt des salpetersauren Calciums, $Ca(NO_3)_2$, schwefelsaures Calcium, $CaSO_4$, zu, so entwickelt sich das Pflänzchen sehr kümmerlich, um schon nach einigen Wochen abzusterben.

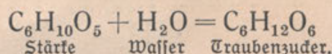
Einige wenige Pflanzen machen von dieser Regel jedoch eine Ausnahme. Wie wir bereits früher gesehen haben (s. S. 30), sind die in den Knöllchen der Schmetterlingsblütler lebenden Wurzelbakterien imstande, den Stickstoff der Luft zu Eiweißstoffen zu verarbeiten.

3. **Andere Stoffe.** Außer Stärke und Eiweiß werden in den „Zell-Laboratorien" noch viele andere Stoffe gebildet, von denen hier nur die wichtigsten kurz genannt werden können. Die Wände junger Zellen bestehen stets, die älterer sehr häufig aus Zellstoff oder Zellulose $C_6H_{10}O_5$. Verholzte Zellwände enthalten Lignin, verkorkte dagegen Korkstoff. In zahlreichen Pflanzen, besonders in der Zuckerrübe und im Zuckerrohre, findet sich der Rohrzucker als wichtger Baustoff. Die saftigen Früchte z. B. unsrer Obstarten verdanken vorwiegend dem Traubenzucker ihre Süße, während Wein-, Apfel- und Zitronensäure ihnen den erfrischenden Geschmack verleihen (Bedeutung für die Verbreitung der Samen!). Oxal- oder Kleesäure, ein wichtiges Schutzmittel zahlreicher Pflanzen gegen Tierfraß, kommt als saures Kaliumsalz (Kleesalz) z. B. im Sauerklee und in den Ampferarten vor. Sehr reich an Gerbstoffen ist die Rinde der Eichen. Fette sowohl als fette Öle (d. s. Fette, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind) treffen wir als wertvolle Baustoffe in den Samen oder Früchten von Raps, Lein, Mohn, Olive, Ölpalme und vielen anderen Pflanzen an. Flüchtige oder ätherische Öle, die im Gegensatze zu den fetten Ölen auf Papier keinen bleibenden Fettfleck hinterlassen, verleihen zahlreichen Blüten und Früchten ihren Duft oder Geschmack (Bedeutung?); aber auch manche Blätter sind reich daran (Thymian, Bohnenkraut u. a.). Außer diesen Stoffen haben wir noch angetroffen: Gummi, Pflanzenschleim, Alkaloide (Nikotin, Coffein, Opium u. v. a.), Bitterstoffe u. dgl. mehr.

F. Die Wanderung und Aufspeicherung der gebildeten Stoffe.

1. **Die Wanderung.** Da sich die organischen Stoffe nur in den grünen Teilen bilden, aber an den wachsenden Stellen des Pflanzenkörpers fortgesetzt verbraucht werden (z. B. in den Wurzelspitzen, in den Knospen, Blüten u. dgl.), so müssen sie dorthin wandern. Welchen Weg sie dabei im Blatte einschlagen, ist leicht nachzuweisen: Untersuchen wir einige Blätter z. B. der Kapuzinerkresse an einem warmen Sommerabend mit Hilfe der Jodprobe, so finden wir sie sicher reich an Stärke. Unterwerfen wir Blätter derselben Pflanze am andern Morgen bei Sonnenaufgang wieder dieser Probe, so erscheinen sie farblos; nur die Blattnerven zeigen eine geringe Blaufärbung. Die Stärke ist aus den Blättern also ausgewandert und zwar hat

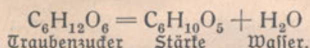
sie die Nerven als Abzugswege benutzt. Sie ist weiter — denn einen andern Weg gibt es nicht! — durch den Blattstiel (wenn vorhanden) in den Stengel geleitet, in dem sie zu den wachsenden Teilen hinauf oder hinab geführt wird. (In welchen Teilen des Stengels dies geschieht, werden wir später erkennen.) Bei der Wanderung verwandelt sich die Stärke in einen löslichen Stoff, den Traubenzucker, der die Zellhäute zu durchdringen vermag. Dabei wird Wasser aufgenommen:



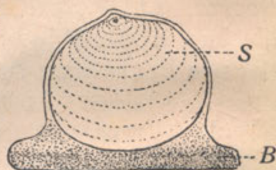
$$\underset{\text{Stärke}}{C_6H_{10}O_5} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Traubenzucker.}}{C_6H_{12}O_6}$$

2. **Die Aufspeicherung.** Den Keimling sehen wir wachsen, die Bäume und Sträucher alljährlich Blätter treiben, das Windröschen, die Tulpe und zahlreiche andre Pflanzen aus dem Erdboden hervorbrechen, bevor sie noch imstande sind, Baustoffe zu bilden. Dieses Wachstum ohne Assimilation ist natürlich nur möglich, wenn zur Bildung der jungen Teile Baustoffe vorhanden sind. Die grünende Pflanze verwendet dementsprechend nicht sämtliche Stoffe sofort für sich, sondern hebt einen Teil davon für die Nachkommen oder die nächstjährigen Triebe auf. Dies geschieht sobald die Pflanze vollkommen ausgebildet ist; denn da sie jetzt nur noch wenig Stoffe für das eigene Wachstum verbraucht, die Blätter aber ihre assimilierende Tätigkeit fortgesetzt entfalten, ist sie auch imstande, diese Reservestoffe zu erzeugen. Jedes Samenkorn wird damit beschickt und die als Vorratsspeicher dienenden Wurzeln, Wurzelstöcke, Knollen oder Zwiebeln sowie bei den Holzgewächsen die Stämme und Zweige beginnen sich zu füllen.

Als häufigster Reservestoff (Kartoffelknolle, Getreidekörner usw.) tritt die Stärke auf, die sich aus dem Traubenzucker durch Abgabe von Wasser bildet:



$$\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{Stärke}}{C_6H_{10}O_5} + \underset{\text{Wasser.}}{H_2O}$$



Stärkebildner (B), der ein großes, von ihm gebildetes Stärkekorn (S) umschließt. (Vergr. 540 mal.)

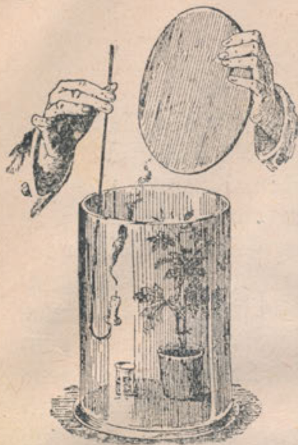
Bei diesem Vorgange sind, genau wie bei der Entstehung der Stärke in den Blättern, eine Art Farbstoffträger beteiligt, d. s. kleine, farblose Körper, die man als Stärkebildner bezeichnet. Die Stärke, die wir in den Fabriken gewinnen, ist in den Pflanzen stets „Reservestärke“ gewesen.

Als weitere Reservestoffe fanden wir Rohrzucker z. B. in der Wurzel der Zuckerrübe oder Fette und Öle in den Samen von Raps, Lein, Mohn und andern Pflanzen. Das Eiweiß trafen wir als Kleber im Nährgewebe (Endosperm) der Getreidekörner; sehr reich daran und darum von hohem Werte als menschliche Nahrung sind vor allen Dingen die Samen der Hülsenfrüchtler (Bohne, Erbse, Linse u. a.).

Um als Baustoffe für junge Pflanzen oder wachsende Pflanzenteile dienen zu können müssen die Reservestoffe wieder aufgelöst werden. Wie leicht festzustellen, verwandelt sich die Stärke hierbei in Trauben- oder Malzzucker. Kaut man einige ungekeimte Gerstenkörner, so hat man einen mehligen Geschmack; keimende Körner (Malz) dagegen schmecken süß.

2. Das Blatt als Werkzeug der Atmung und die Atmung der Pflanzen im allgemeinen.

1. **Nachweis der Atmung.** Wir nehmen zwei gleich große Glaszylinder, bringen in den einen eine grüne Pflanze, die in einem kleinen Blumentopfe wurzelt, verschließen beide luftdicht und stellen sie ins Dunkle. Nach einigen Stunden öffnen wir das Gefäß ohne Pflanze und senken ein Licht hinein, das wir an einem Drahte befestigt haben. Nachdem aller Sauerstoff der Luft, die das Gefäß erfüllt, verbraucht ist, erlischt die Flamme. Wiederholen wir dasselbe bei dem zweiten Gefäße, so erlischt die Flamme sofort, ein Zeichen, daß kein Sauerstoff mehr in seiner Luft vorhanden ist: die grüne Pflanze hat ihn aufgenommen.



Vorrichtung, die Atmung der Pflanzen nachzuweisen.

Um festzustellen, ob die Pflanze für den aufgenommenen Sauerstoff auch ein Gas ausscheidet, wiederholen wir den Versuch, stellen aber auf den Boden jedes Gefäßes ein Schälchen mit Kalkwasser. Nach mehreren Stunden sehen wir, wie sich das Kalkwasser im leeren Gefäß kaum, im Gefäß mit der Pflanze dagegen stark getrübt hat: durch Aufnahme von Kohlendioxyd aus der Luft ist Calciumkarbonat, $CaCO_3$, entstanden. In dem Gefäße mit der Pflanze muß sich also das Kohlendioxyd stark vermehrt haben, was nur von der Pflanze herrühren kann.

Auch durch den auf S. 65 abgebildeten Apparat können wir die Bildung von Kohlendioxyd nachweisen. Der untere stielförmige Teil taucht in ein Gefäß mit Quecksilber, darüber befindet sich etwas Kalilauge (K). Die Kugel (B) ist etwa zur Hälfte mit chlorophyllfreien Pflanzenteilen (keimenden Erbsen, Blütenknospen, jungen Blütenköpfen, jungen Pilzen oder dgl.) gefüllt und oben luftdicht verschlossen (St). Nach kurzer Zeit beginnt das Quecksilber in dem Rohre emporzusteigen: die Pflanzenteile entnehmen der Luft Sauerstoff und geben Kohlendioxyd ab, dieses wird aber von der Kalilauge absorbiert. Dadurch verringert sich die Gasmenge in dem Gefäß und das Quecksilber wird durch den äußeren Luftdruck in die Höhe getrieben.

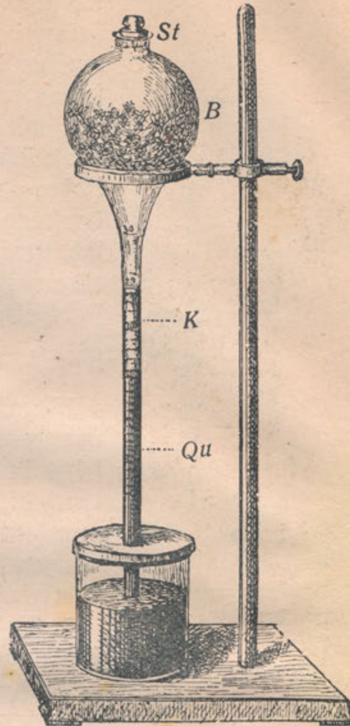
Dieser Vorgang entspricht genau der Atmung von Tieren und Menschen: Die Pflanzen — sowohl grüne als nicht grüne — atmen demnach gleichfalls.

2. **Bedeutung der Atmung.** Die bereiteten organischen Stoffe müssen vielfach umgebildet und verarbeitet werden, wenn sie der Pflanze wirklich von Wert sein sollen. Für diese Vorgänge sind Energiemengen nötig, die durch die Oxydation von Kohlenstoffverbindungen in Form von Wärme geliefert werden. Der dazu nötige Sauerstoff wird aus der atmosphärischen Luft aufgenommen, das Kohlendioxyd an diese wieder abgegeben, die Wärme aber

ist die treibende Kraft für die chemischen Vorgänge, die sich in dem Körper der Pflanze fortgesetzt abspielen.

Unerwähnt soll aber nicht bleiben, daß gewisse Pilze, besonders Spaltpilze, die in sauerstoffarmer Umgebung (Flüssigkeiten u. dgl.) leben, des Sauerstoffes nicht bedürfen, ja, daß für sie dieses Gas sogar „ein Gift" ist. Sie gewinnen die notwendigen „Betriebskräfte" durch andere chemische Vorgänge, die sich in ihrem Körper vollziehen.

Daß sich infolge der Atmung wirklich Wärme entwickelt, sehen wir z. B. an dem Blütenkolben des Aronstabes, sowie an der zusammengehäuften keimenden Gerste bei der Malzbereitung oder an andern keimenden Pflanzensamen. In der Regel ist freilich von einer Wärmeentwicklung bei den atmenden Pflanzen nichts zu bemerken; denn erstlich besitzen die Pflanzen ja eine verhältnismäßig große Oberfläche, so daß sie auch viel Wärme an die umgebende Luft abgeben und zweitens ist mit der Verdunstung des Wassers durch die Blätter, Blüten und andern Pflanzenteile ein großer Wärmeverbrauch verbunden.



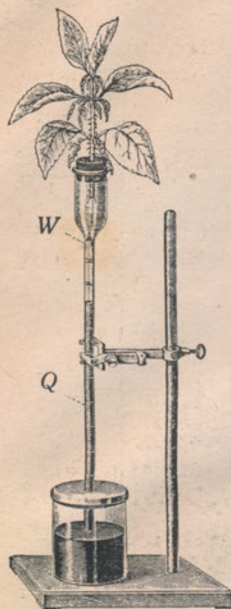
Apparat zum Nachweis der Atmung bei Pflanzen.

Die Pflanzen atmen wie die Tiere ununterbrochen Tag und Nacht. Für chlorophyllfreie Pflanzen und Pflanzenteile ist dies, wie wir gesehen haben, leicht nachzuweisen. An grünen Pflanzen ist jedoch tagsüber davon meist wenig zu erkennen; in ihnen werden weit mehr organische Stoffe gebildet als oxydiert. Die Atmung wird daher durch den ihr gerade entgegengesetzten Vorgang der Assimilation verdeckt, oder — was dasselbe besagt — am Tage wird das bei der Atmung entstehende Kohlendioxyd sofort wieder zur Assimilation verwendet, so daß die grünen Pflanzenteile im Lichte statt des Kohlendioxydes Sauerstoff ausscheiden. Im Dunkeln dagegen, wenn keine Assimilation stattfindet, ist — wie wir gesehen haben — auch an grünen Pflanzenteilen die Ausscheidung von Kohlendioxyd leicht nachzuweisen.

3. Das Blatt als Werkzeug der Verdunstung des Wassers (oder der Transpiration).

1. **Nachweis der Verdunstung.** Legen wir unter eine Glasglocke einige frisch abgeschnittene, beblätterte Pflanzenteile, so beschlägt sich die Glaswand bald mit Wassertropfen. Bei einer zweiten, daneben stehenden Glocke, unter der sich keine Pflanzenteile befinden, ist diese Erscheinung nicht zu beobachten. Das Wasser an der Glaswand der ersten Glocke muß daher aus den Pflanzenteilen

stammen und da sich auch dort Wassertropfen finden, wo die Pflanzen die Glocke nicht berühren, so kann es nur in Form von Wasserdampf ausgeschieden sein. Einwandfrei ist die Verdunstung durch nebenstehend abgebildeten Apparat nachzuweisen: Wir stellen das Glasrohr in ein Gefäß mit Quecksilber, füllen das Rohr völlig mit Wasser (W) und verschließen seinen erweiterten Teil mit einem Gummistopfen, durch den wir einen frischen Sproß gesteckt haben. Da der Verschluß völlig luftdicht ist, das Quecksilber (Q) in dem Rohre aber nach und nach emporsteigt, muß eine Verdunstung des Wassers durch den Sproß stattfinden. Wie sich durch weitere Versuche feststellen läßt, findet bei allen lebenden Pflanzen und zwar zu jeder Zeit eine Ausscheidung von Wasser in Dampfform, eine Verdunstung oder Transpiration statt.



Vorrichtung zum Nachweis der Verdunstung durch eine lebende Pflanze.

Wenn wir uns erinnern, daß durch die Oberhaut nur wenig Wasser verdunsten kann, so werden wir leicht in den Spaltöffnungen die „Tore" erkennen, durch die der Wasserdampf vorwiegend entweicht. Da nun ferner die Blätter besonders reich an diesen Öffnungen sind, so haben wir auch in ihnen die wichtigsten Werkzeuge der Verdunstung vor uns.

2. **Bedeutung und Größe der Verdunstung.** a) Wir haben gesehen, daß die organischen Stoffe besonders in den grünen Blättern gebildet werden. Hierzu sind aber außer dem der Luft entnommenen Kohlenstoffe Wasser und darin gelöste Nährsalze notwendig. Da diese Stoffe nun von den Wurzeln aufgenommen werden, muß von ihnen nach den Blättern ein beständiger Wasserstrom fließen: Welchen Weg der Strom im Blatte einschlägt, ist leicht zu erkennen: Wir stellen Stengelteile mit weißen Blüten oder weißfleckigen Laubblättern in Wasser, in dem etwas Eosin aufgelöst ist. Nach einiger Zeit sehen wir, daß die rote Farbstofflösung in den Blattnerven emporsteigt und sich immer weiter über die Blattfläche verbreitet. Wie die Röhren einer Wasserleitung jedem Haushalte das nötige Wasser zuführen, werden durch die Blattnerven jeder einzelnen Zell-Werkstatt Wasser und Nährsalze zugeleitet.

b) Das Wasser, das von der Wurzel aufgenommen wird, enthält aber kaum mehr gelöste Nährsalze als gutes Trinkwasser. Da nun ein Teil von ihm durch Verdunstung beständig verloren geht, wird die „Nährlösung" in den Blättern allmählich verstärkt oder konzentriert. Sobald dies aber in irgend einer Zelle geschieht, tritt nach dem Gesetze der Osmose Wasser aus den Nachbarzellen in sie ein. Dadurch wird aber der Zellsaft dieser Zellen verhältnismäßig nährsalzreicher; sie entziehen daher ihren Nachbarinnen

gleichfalls Wasser usf. Auf diese Weise entsteht in der Pflanze ein Wasserstrom, der das von den Wurzeln aufgenommene Wasser immerfort den Blättern zuführt (vgl. jedoch S. 85!).

c) Die Wassermengen, die von den Pflanzen verdunstet werden, sind sehr erhebliche, wie durch Versuche festgestellt werden kann. Durch Berechnung hat man z. B. gefunden, daß ein Buchenhochwald von 1 ha Größe täglich etwa 30 000 Liter Wasser an die Atmosphäre zurückgibt, eine Tatsache, die uns die Bedeutung der Wälder für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft (Regenbildung!) deutlich erkennen läßt. In jeder Pflanze steigt unsichtbar gleichsam ein Wasserstrom vom Boden empor, um sich in Dampfform in das Luftmeer zu ergießen.

Die Verdunstung wird durch äußere Umstände stark beeinflußt. Trockenes Wetter, Wärme, Besonnung (besonders bei steil auffallenden Sonnenstrahlen) und Wind fördern im allgemeinen die Verdunstung.

Ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, so ist die Verdunstung ganz oder doch nahezu aufgehoben. Einige Pflanzen (Kapuzinerkresse, Mais, Weizen, Frauenmantel, Erdbeere u. a.) vermögen sich dann dadurch zu helfen, daß sie Wasser in flüssiger Form aus Öffnungen hervorpressen, die den Spaltöffnungen ganz ähnlich sind. Da diese Wasserspalten in der Regel am Ende eines großen Blattnerven (Wasserader!) liegen, so treten die ausgeschiedenen Wassertropfen, die gewöhnlich für Tau gehalten werden, meist an den Spitzen, Zähnen oder Rändern der Blätter auf. Stülpt man über eine solche Pflanze eine Glasglocke, so daß die Verdunstung stark herabgesetzt wird, dann kann man die Erscheinung auch am Tage beobachten, ein Zeichen, daß man es wirklich mit hervorgepreßtem Wasser zu tun hat.



Wassertropfen, aus Wasserspalten hervorgepreßt, an den Zähnen vom Blatte des Frauenmantels (vergr.).

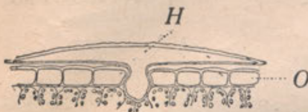
3. Förderungsmittel der Verdunstung. Viele Gewächse besitzen Einrichtungen, die geeignet sind, die für die Pflanzen so wichtige Verdunstung zu fördern oder doch zu verhindern, daß sie unterbrochen werde.

Pflanzen, die an feuchten, schattigen Orten wachsen, haben in der Regel große Blattflächen mit zahlreichen Spaltöffnungen (viele Sumpf- und Waldpflanzen). — Die Blätter dieser Pflanzen sind ferner meist außerordentlich zart, d. h. die Zellen der Oberhaut sind dünnwandig, also für Wasserdampf verhältnismäßig leicht durchlässig. — Tau oder Regen sind nicht imstande die Spaltöffnungen zu verschließen, weil diese — wie erwähnt — in der Regel auf der Blattunterseite liegen, weil das Blatt (oder die ganze Pflanze) ferner mit einer Wachsschicht (Raps) oder einer Haardecke (Königskerze) überzogen ist oder weil endlich die Spaltöffnungen in Vertiefungen eingesenkt sind (Heidekraut). — Die Blätter zahlreicher Pflanzen nehmen eine Schlafstellung ein (vgl. Gemüsebohne). Dadurch wird eine starke Befeuchtung durch Tau verhindert. Diese Bewegungen beruhen in der Regel (Bohne, Klee, Robinie, Sauerklee u. a.) darauf, daß die Spannung des Zellsaftes (vgl. H. III, S. 196), die man als Turgor bezeichnet, in den Gelenken der Blattstiele eine Veränderung erfährt. Wird der Turgor der Zellen, die an der Unterseite liegen, größer, so richten sich die Blätter empor; wird dagegen der Turgor an der Oberseite erhöht, so senken sich die Blätter.

4. Schutzmittel gegen zu starke Verdunstung. Umgekehrt ist eine zu starke Verdunstung für die Pflanzen mit großen Gefahren verknüpft: sie welken

oder gehen schließlich durch Vertrocknen zugrunde. Die Gewächse, die auf einem wasserarmen, sonndurchglühten Boden leben oder austrocknenden Winden in hohem Grade ausgesetzt sind, also auf Hochgebirgen, Heideflächen, Berghängen und an ähnlichen Stellen wachsen, besitzen daher gewisse Schutzmittel gegen diese Gefahren.

Die verdunstende Oberfläche ist möglichst beschränkt, d. h. es treten kleine, schmale, stark zerteilte oder nur wenige Blätter auf (Heidekraut, Leinkraut, Kuhschelle, Besenginster). Bei dem Heidekraute sind die kleinen Blätter zudem zusammengerollt (Rollblatt). Bei den Kaktusarten sind die Blätter in der Regel in Dornen umgewandelt, die kaum etwas verdunsten. — Die Blätter haben in der Regel nur wenig Spaltöffnungen. — Sie sind dem Stengel angedrückt (Heidekraut), senkrecht gestellt (junge Blätter der Roßkastanie) oder nehmen dabei wohl gar die Richtung von Süden nach Norden ein (Stachellattich und andere „Kompaßpflanzen"). — Die Blätter schlagen sich bei zu starker Erwärmung nach unten (Sauerklee). — Mehrere Trockenlandpflanzen (Mauerpfeffer, Kaktus) speichern in den Blättern oder Stämmen Wasser auf. Sie sind Fettpflanzen oder Sukkulenten. — Die Außenwände der Oberhautzellen sind stark verdickt und mit einer so dicken Kutikula versehen, daß sie für Wasserdampf fast undurchlässig sind (Efeu, Kaktusarten). — Die Blätter sind mit einer Wachsschicht überzogen (Raps; auch viele Früchte, z. B. Weinbeere, Zwetschge u. a.) oder sie besitzen einen firnisartigen Überzug (junge Blätter des Kirschbaumes; Knospenschuppen der Roßkastanie).



Haar (H) von einem Blatte des Goldlackes. O Oberhaut.



Mehrzelliges Drüsenhaar von einer Pelargonie. S der von der Drüse ausgeschiedene Stoff (vergr.).

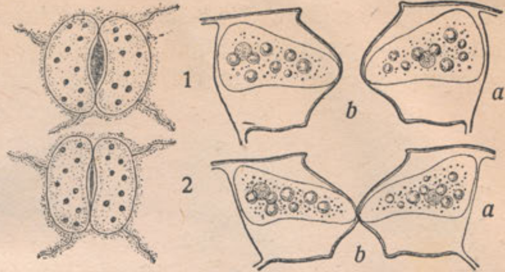
Sehr häufig sind die Blätter oder auch die ganze Pflanze mit Haaren bedeckt (junge Blätter der Roßkastanie; Edelweiß u. v. a.).

Die Haare sind, wie man auf Querschnitten durch den betreffenden Pflanzenteil sieht, in ihrer einfachsten Form Ausstülpungen je einer Oberhautzelle. Sie haben die Gestalt eines Kegels (Blumenblätter des Stiefmütterchens), Spießes (Goldlack) oder Zylinders (Samenhaare); sie sind gabelig oder sternförmig geteilt (Hungerblümchen, Graukresse), am Ende knopfförmig angeschwollen (Blüte des Löwenmaules) u. dgl. mehr. Kurze, zugespitzte, dickwandige Haare bezeichnet man als Borsten (Beinwell). Auch die Brennhaare der Brennessel gehören hierher. Treten in den Ausstülpungen Teilungen ein, so entstehen mehrzellige Haare (Königskerze). Sind an der Bildung dieser Auswüchse auch noch tiefer liegende Gewebe beteiligt, so entstehen Stacheln (Rose) oder Klimmhaken (Hopfen). Scheiden die Haargebilde klebrige oder andere Stoffe aus, so bezeichnet man sie als Drüsen-Haare (Körner-Steinbrech, Sonnentau). — Schon aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die Haarbildungen den Pflanzen nicht nur als Verdunstungsschutz dienen, sondern eine sehr verschiedene Bedeutung haben können.

Die meisten Pflanzen besitzen die Fähigkeit, die Spaltöffnungen zu verschließen, sobald Wassermangel eintritt. Legt man ein Stück von der Oberhaut z. B. eines Lilienblattes in einen Tropfen Wasser, so sieht man, wie sich zwischen den Schließzellen deutlich wahrnehmbare Spalten befinden. Setzt man aber dem Wasser etwas Glyzerin zu, von dessen wasserentziehender Eigenschaft wir uns schon früher überzeugt haben, so verschwinden die Spalten alsbald. Der Grund dieser eigentümlichen Erscheinung ist wieder in dem Turgor zu suchen.

Steht der Pflanze genügend Wasser zur Verfügung, so ist der Turgor wie in jeder Zelle auch in den Schließzellen verhältnismäßig groß. Da nun die Wände der Schließzellen ungleich

dick sind, so werden sie durch den Turgor auch ungleichmäßig ausgedehnt. Die größte Dehnung müssen natürlich die in der Abbildung mit a bezeichneten, langen und dünnen Wandstellen erfahren. Hier werden die Zellen daher höher und nach außen vorgebuchtet. Infolgedessen müssen aber die entgegengesetzten Zellseiten (bei b) etwas zurücktreten: der Spalt ist jetzt geöffnet. Sinkt bei starker Verdunstung der Turgor, so werden die Wandstellen bei a wieder kürzer und strecken sich gerade. Die Schließzellen werden infolgedessen flacher: der Spalt wird daher immer enger, bis er endlich ganz geschlossen ist.



Spaltöffnungen; links von oben gesehen und rechts im Durchschnitt: 1 weit geöffnet und 2 fast oder ganz geschlossen. Wegen der beiden schematischen Durchschnitte s. Text.

Schon früher (vgl. H. III S. 20) ist darauf hingewiesen worden, daß der herbstliche Laubfall der meisten heimischen Bäume und Sträucher für diese Pflanzen von großem Vorteil ist. Es wird dadurch die Wasserverdunstung vollständig aufgehoben. Dies steht im Einklang mit der Tatsache, daß die Wurzeln bei starker Abkühlung des Erdbodens ihre Arbeit einstellen, d. h. also kein Wasser mehr aufnehmen. — Bäume und Sträucher dagegen, die gegen starke Verdunstung besonders geschützt sind (die meisten Nadelbäume, Efeu, Heidekraut u. a.), behalten auch im Winter ihr Laub: sie sind immergrün.

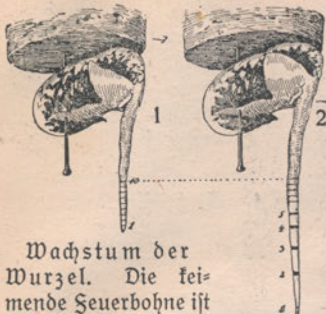
II. Vom Bau und Leben der Wurzel.

Bereits von den botanischen Grundbegriffen (vgl. H. I S. 36) her sind uns die Aufgaben (Aufnahme des Wassers und der Nährsalze; Befestigung im Boden) und Hauptformen der Wurzeln bekannt. An zahlreichen Beispielen haben wir ferner gesehen, daß die Ausbildung der Wurzel mit der Größe, dem Alter und der Lebensweise der Pflanze im innigsten Einklange steht. Vielfach sind auch die Wurzeln, besonders häufig Neben- oder Adventivwurzeln, zu besonderen Zwecken umgewandelt (Luftwurzeln; Klammerwurzeln des Efeu, Rankenwurzeln der Vanille, Stelzwurzeln der Mangrovebäume, Stützwurzeln; Wurzelknollen, rübenförmige und spindelförmige Wurzeln als Vorratsspeicher).

A. **Die Aufgaben und der feinere Bau der Wurzel.**

1. **Das Wachstum der Wurzel.** Die wachsende Wurzel dringt, ihren Aufgaben entsprechend, immer weiter im Boden vor. Wie dies geschieht, zeigt uns der teilweise schon früher (Heft III S. 197) beschriebene Versuch mit der keimenden Feuerbohne: Nachdem die Keimwurzeln etwa 2 cm lang

geworden sind, tragen wir mit Tusche auf jeder von der Spitze aus zehn kleine Striche auf, die je 1 mm voneinander entfernt sind. Die Bohnen befestigen wir auf der Unterseite eines Korkes, der auf eine weithalsige Flasche paßt. Nach etwa 24 Stunden sehen wir, daß die Wurzeln beträchtlich gewachsen sind. Die Striche sind aber zum Teil nicht mehr gleichmäßig voneinander entfernt wie vordem: Der erste Strich ist von der Wurzelspitze allerdings nur wenig abgerückt; zwischen ihm und dem zweiten Striche sowie zwischen diesem und dem dritten dagegen sind sehr große Zwischenräume entstanden; dann nehmen die Entfernungen zwischen den einzelnen Strichen wieder stark ab und die letzten Striche sind genau an ihrem Platze geblieben. Hieraus geht deutlich hervor, daß erstlich an den wachsenden Wurzeln sich nur die unteren Teile gestreckt haben und daß zweitens die Streckung nicht gleichmäßig gewesen ist. Ein gleiches läßt sich an jeder wachsenden Wurzel beobachten: Es ist ein nur verhältnismäßig kurzer Abschnitt hinter der Wurzelspitze in Streckung begriffen, der die Wurzelspitze gleichsam vor sich her schiebt.



Wachstum der Wurzel. Die keimende Feuerbohne ist durch eine Nadel an einem Korke befestigt. Fig. 1: Wurzel mit aufgetragenen Tuschestrichen, die sich nach 24 Stunden durch Wachstum der Wurzel so verschoben haben, wie Fig. 2 zeigt.

2. **Die Wurzelhaube.** Die Wurzelspitze wird, wie bereits wiederholt erwähnt ist (vgl. H. III S. 197), von der aus festem Gewebe bestehenden, außen gallertartig aufgequollenen Wnrzelhaube schützend bedeckt. Da sie zudem noch die Form eines Kegels besitzt und infolge ungleichen Wachstums den Weg einer langgestreckten Spirale beschreibt, vermag sie leicht und ohne Schaden im Boden vorzudringen.



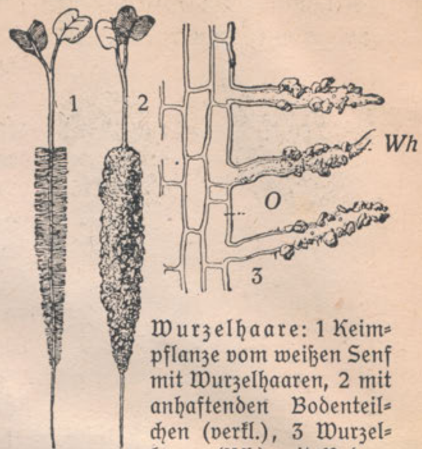
Wurzelhaube (H) einer Maiswurzel (vergr.).

3. **Die Wurzelhaare.** a) Lassen wir Samen zwischen feuchtem Fließpapier keimen, so sehen wir, daß die Wurzeln, wenn sie eine gewisse Länge erreicht haben, in einiger Entfernung von der Spitze mit vielen zarten Härchen bedeckt sind. Diese Wurzelhaare stellen, wie das Mikroskop zeigt, lange, schlauchförmige Ausstülpungen der Oberhautzellen dar.

Nehmen wir aber irgend eine Keimpflanze aus dem Boden, so sehen wir, wie die Wurzelhaare dicht mit Erde bedeckt sind. Selbst durch Abspülen in Wasser gelingt es nicht, die Wurzeln von den Bodenteilchen vollkommen zu befreien; denn die Wurzelhaare sind, wie wieder das Mikroskop erkennen läßt, mit ihnen innig verklebt. Infolgedessen wurzelt die Pflanze auch so auffallend fest im Boden. Der in

Vorwärtsbewegung begriffenen Wurzelspitze fehlen die Wurzelhaare (Bedeutung?).

Die Wurzelhaare sind stets nur auf einen verhältnismäßig kurzen Abschnitt hinter der wachsenden Wurzelspitze beschränkt. In dem Maße, in dem sie sich hier fortgesetzt neu bilden, sterben sie am entgegengesetzten Ende ab. Auf diese Weise kommt die Wurzel mit immer neuen Bodenteilchen in Berührung, denen sie die Nährstoffe noch nicht entzogen hat. Die älteren Teile der Wurzel umkleiden sich mit wasserdichten Korklagen, sind also zur Aufnahme von Wasser und Nährsalzen untauglich. Da nur die jüngsten Wurzeln Wurzelhaare besitzen, sollte man die Gewächse möglichst mit dem „Ballen" verpflanzen.



Wurzelhaare: 1 Keimpflanze vom weißen Senf mit Wurzelhaaren, 2 mit anhaftenden Bodenteilchen (verkl.), 3 Wurzelhaare (Wh) mit Bodenteilchen verklebt; O Oberhautzellen (etwa 100 mal vergr.).

b) Die Wurzelhaare stehen in hervorragender Weise aber auch im Dienste der andren Aufgabe der Wurzel, nämlich der Aufnahme des Wassers und der Nährsalze. Durch die Wandung des Wurzelhaares sind 2 Flüssigkeiten voneinander getrennt: der Zellsaft, der reich an Salzen und Säuren ist, und das Wasser des Bodens, das geringe Mengen von Nährsalzen gelöst enthält. Zwischen den Flüssigkeiten wird daher nach dem Gesetze der Osmose ein Austausch stattfinden. Dabei müssen sie aber das Protoplasma durchdringen. Dieses ist jedoch ein lebender Körper mit der Fähigkeit, nur gewissen Stoffen den Durchtritt zu gestatten: Es läßt aus dem Zellsafte nur geringe Stoffmengen austreten (s. Abschn. d), dafür aber um so mehr Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen einströmen. Hierzu sind die Wurzelhaare nun um so besser geeignet, als sie die Oberfläche der Wurzel um ein Vielfaches vergrößern, mit den Bodenteilchen verkleben, sehr zarte Wandungen und die Form langer dünner Schläuche besitzen. Sie durchdringen jede Lücke des Bodens und sind imstande, selbst noch die geringste Wassermenge einzusaugen und das kleinste Bodenteilchen auf seine Nährstoffe auszubeuten. — Wie bereits erwähnt, sind bei den meisten Waldbäumen die Wurzelhaare durch Pilzfäden gleichsam ersetzt. — Sumpf- und Wasserpflanzen (Sumpfdotterblume, Wasserlinse u. v. a.), bei denen die Aufnahme des Wassers sehr erleichtert ist, entbehren meist der Wurzelhaare vollständig.

c) Zwischen der Ausbreitung der Wurzeln und der Art, wie die Pflanzen das Regenwasser ableiten, besteht — wie wir mehrfach gesehen haben — eine innige Beziehung. Tropft das Wasser am Umfange der Krone nieder, ist die Wasserableitung also nach außen gerichtet oder zentrifugal, so breiten sich die Wurzeln allseitig so weit aus, daß die mit Wurzelhaaren besetzten feinsten Wurzelzweige meist im Umkreise der Krone liegen (dichtbelaubte Bäume, Königskerze u. a.). Fließt das Wasser dagegen nach innen oder zentripetal ab, so sind die Wurzeln mehr oder weniger senkrecht nach unten gerichtet und eng zusammengedrängt (Raps, Tulpe u. a.).

d) Um zu erfahren, welche Stoffe aus den Wurzelhaaren in den Boden dringen, nehmen wir einen Blumentopf, der mit Sand gefüllt ist. In den Sand legen wir eine polierte Marmorplatte und darüber eine Bohne, die wir keimen lassen. Nach etwa 14 Tagen nehmen wir die Platte aus dem Sande hervor und reinigen sie sorgfältig. Dann erkennen wir, daß die Politur an allen Stellen, an denen die Wurzeln die Platte berührt haben, zerstört worden ist.

Die Wurzeln haben eine Säure ausgeschieden, die den Marmor (Calciumkarbonat) gelöst hat. Und wie Marmor werden auch andere Bodenteilchen umgesetzt. Die Pflanze hilft also mit, die notwendige „Nährsalzlösung" zu bereiten.

4. **Düngung und Wechselwirtschaft.** a) Verwesen Pflanzen dort, wo sie gewachsen sind, so werden dem Boden auch wieder die Stoffe zugeführt, die sie ihm entzogen haben. Den Feldern und Wiesen entnimmt man aber bei jeder Ernte große Massen dieser Stoffe. Soll der Boden weiter seine Fruchtbarkeit behalten, so müssen sie ihm daher wieder gegeben werden. Dies geschieht durch die Düngung.



Wurzel der Erbse mit Wurzelknöllchen (nat. Gr.). Daneben: Z Zelle aus einem Wurzelknöllchen, dicht mit Spaltpilzen angefüllt (vergr.). B Spaltpilze (stärker vergr.).

Am gebräuchlichsten ist die Verwendung des Stalldüngers, der reich an jenen Baustoffen ist. Außer Kaliumverbindungen sowie phosphor- und schwefelsauren Salzen und andern wichtigen Bestandteilen liefert er besonders große Mengen des überaus wichtigen Stickstoffs. Dieser findet sich in dem Ammoniak, das in faulendem Dünger entsteht und durch die bereits S. 30 erwähnten Salpeterbakterien in salpetersaure Salze übergeführt wird. Seit einer Reihe von Jahren spielen die sog. künstlichen Düngemittel eine überaus wichtige Rolle: die Kalisalze, der Chilisalpeter, das Superphosphat und das Thomasmehl (phosphorhaltige gemahlene Eisenschlacke), daneben: gebrannter Kalk, Mergel, Holzasche u. dgl.

An manchen Orten wird auch der Schlamm stehender oder langsam fließender Gewässer (Dorfteiche, Wiesen- und Feldgräben) mit Vorteil als Dünger benutzt (Fruchtbarkeit Ägyptens durch den Nilschlamm!).

Auf stickstoffarmem, unfruchtbarem Sandboden wendet man neben den genannten Mitteln vorwiegend die Gründüngung durch Schmetterlingsblütler, im besonderen durch die Lupine an. Die Wurzelbakterien in den Knöllchen an den Wurzeln dieser Pflanzen sind, wie früher (vgl. S. 30) erwähnt wurde, imstande, Stickstoff aus der im Boden enthaltenen Luft aufzunehmen. Sterben die Spaltpilze ab, so werden die stickstoffhaltigen Verwesungsprodukte der Knöllchen von der Pflanze aufgesogen. Es bilden sich stets wieder neue Knöllchen, die abermals zugrunde gehen: so wird den Schmetterlingsblütlern durch die Spaltpilze fortgesetzt Stickstoff der Luft zugeführt. Baut nun der Landmann solche Pflanzen, z. B. die Lupine an, erntet sie jedoch nicht ab, sondern pflügt sie unter den Boden, so besorgen sie (mit Hilfe der Wurzelspaltpilze) die Düngung des Bodens.

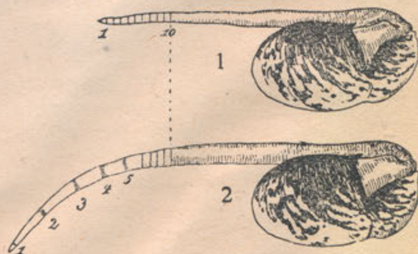
Im Walde liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger als auf dem Felde. Selbst in einem regelrecht bewirtschafteten Forste werden dem Boden ver-

hältnismäßig nicht allzugroße Mengen wichtiger Pflanzenbaustoffe entzogen. Die abgefallenen Blätter und Zweige sowie die abgestorbenen Pflanzen, die dem Waldgrunde entsproßten, bilden eine gewaltige, in Verwesung begriffene Masse, die den Boden oft in dicker Schicht bedeckt und nach und nach in ein braunes oder schwärzliches Erdreich übergeht. Dieser sog. Humus ist der natürliche Dünger des Waldes; denn er liefert, völlig verwest, den Waldpflanzen einen großen Teil der Stoffe, die sie nur dem Boden entnehmen können. Bei der Entnahme von Waldstreu, der sog. „Streunutzung", werden dem Walde somit leider sehr wichtige Stoffe entzogen.

b) Die Gewächse entnehmen dem Boden nicht alle Baustoffe in gleichen Mengen. Die eine Pflanze z. B. beansprucht mehr Kaliumsalze (Kartoffel), die andre mehr Phosphorverbindungen (Weizen) usw. Baut man auf einem Acker mehrere Jahre hindurch dieselbe „Feldfrucht", so werden die Erträge immer geringer. Diese Erscheinung scheint allerdings hauptsächlich dadurch veranlaßt zu werden, daß die Wurzeln Stoffe ausscheiden, die auf Pflanzen derselben, nicht aber auf die einer anderen Art wie Gift einwirken. Anders aber, wenn man eine geordnete „Fruchtfolge" beachtet. Hat ein Acker in diesem Jahr z. B. Roggen getragen, so wird er 2—4 Jahre hindurch mit andern Pflanzen bestellt, bevor man auf ihm wieder Roggen anbaut. Auf einem Boden mittlerer „Güte" ist z. B. folgender Fruchtwechsel angebracht: Kartoffeln, Weizen, Klee, Rüben, Gerste. Eine ähnliche Wechselwirtschaft hat auch im Garten stattzufinden.

B. Wie das Wachstum der Wurzeln von der Schwerkraft beeinflußt wird.

1. Sehen wir von Ausnahmen ab, so beobachten wir bei allen Pflanzen, daß die Wurzeln, ihrer Aufgaben entsprechend, in den Boden dringen. Diese Tatsache erscheint den meisten Menschen als etwas durchaus Selbstverständliches, das gar nicht des Nachdenkens wert ist. Daß hier jedoch eine Gesetzmäßigkeit vorliegt, zeigt folgender Versuch: Wir legen einen Bohnenkeimling so in die durchfeuchtete Erde eines Blumentopfes, daß die 2—3 cm lange Hauptwurzel genau wagerecht gerichtet ist. Entfernen wir nach etwa 24 Stunden die Erdschicht, die den Keimling bedeckt, so sehen wir, daß das Wurzelende mit den ältern, nicht mehr wachstumsfähigen Teilen der Wurzel fast einen rechten Winkel bildet. Diese Krümmung kann nur dadurch zustande gekommen sein, daß sich der wachsende Wurzelabschnitt an der Oberseite stärker als an



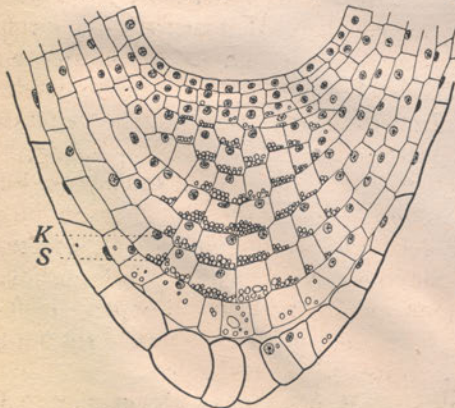
Wachstum der Wurzel unter dem Einflusse der Schwerkraft. Die wagerecht gelegte Keimwurzel der Feuerbohne (Fig. 1) hat nach 24 Stunden die in Fig. 2 dargestellte Form angenommen. (Bed. der Tuschestriche vgl. Abb. S. 70.)

der Unterseite gestreckt hat. (Durch Auftragen von Tuschestrichen wie bei dem S. 70 beschriebenen Versuche ist dies noch deutlicher zu sehen!) Dasselbe beobachten wir an jeder anderen Hauptwurzel: Sie dringt mit großer Kraft nicht selten metertief in den Boden ein und wendet sich immer wieder senkrecht abwärts, wenn sie durch einen Stein, einen Felsblock oder dgl. aus ihrer Richtung verdrängt worden ist.

Die aus der Hauptwurzel entspringenden Seitenwurzeln verlaufen, wie wir wissen, stets wagrecht oder schräg abwärts. Auch sie suchen diese Richtung stets wieder einzuschlagen, wenn wir sie aus ihrer gewöhnlichen Lage bringen (z. B. durch Umlegen des Blumentopfes!).

2. Der Umstand, daß die Hauptwurzel stets dem Mittelpunkte der Erde „zustrebt", läßt schon vermuten, daß hierbei die Anziehung der Erde, die Schwerkraft, im Spiele ist. In der Tat wird die Wurzelspitze durch die Schwerkraft angeregt oder gereizt, an der Oberseite stärker zu wachsen als an der Unterseite, so daß jene Abwärtskrümmung eintritt. Ist diese Erklärung richtig, so muß sich eine Keimwurzel, die wir der einseitigen Einwirkung der Schwerkraft entziehen, anders verhalten und das ist der Fall, wie folgender Versuch zeigt: Wir befestigen auf einem Metallstabe einen durchfeuchteten Torfwürfel und bestreuen ihn auf allen Seiten mit Samen der Gartenkresse. Die Samen bilden bei Befeuchtung einen klebrigen Schleim, haften daher an dem Torfstücke fest und keimen sehr schnell. Setzt man den Metallstab durch ein Uhrwerk in drehende Bewegung — der Torfwürfel muß in der Stunde etwa zwei senkrechte Umdrehungen machen —, so ist die Seite jeder Keimwurzel, die jetzt nach oben gekehrt ist, nach einer Viertelstunde nach unten gerichtet usf. Die Schwerkraft kann daher nicht auf eine Seite besonders einwirken und sie zu stärkerem Wachstume veranlassen. Die Wurzeln wachsen daher allseitig gleich stark in der Richtung weiter, in der sie zufällig aus dem Samen hervorgetreten sind.

Wie noch andre Beobachtungen bestätigen werden, übt die Schwerkraft auf zahlreiche wachsende Pflanzenteile einen Reiz aus und veranlaßt sie gewisse Krümmungen auszuführen. Die Eigenschaft der Pflanze auf die Schwerkraft zu reagieren, bezeichnet man als Geotropismus.



Längsschnitt durch eine Wurzelhaube. K Zellkern. S Stärkekörner. (Nach Nemec.)

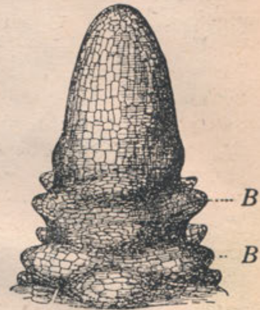
Auf die Frage, wie der merkwürdige Einfluß der Schwerkraft zustande kommt, glauben einige Botaniker jetzt eine befriedigende Antwort gefunden zu haben: In den mittleren Zellen der Wurzelhaube finden sich Stärkekörner, die — wenn die Wurzel senkrecht in den Boden eindringt — den unteren Zellwänden aufliegen. Wird die Wurzel aber durch einen Stein oder dergleichen von dieser Richtung abgelenkt, so kommen die Stärkekörner mit andern Stellen der Zellwände in Berührung. Dieser veränderte Reiz wird nun zu dem wachsenden Abschnitte der Wurzelspitze geleitet und hört erst auf, wenn durch stärkeres einseitiges Wachstum die Wurzel wieder in die ursprüngliche senkrechte Stellung gelangt ist.

III. Vom Bau und Leben des Stammes.

Daß der Stengel oder Stamm im allgemeinen die Aufgabe hat, die Blätter und Blüten dem Lichte und der Luft zuzuführen, sie über den Boden zu erheben, ist schon bei den Grundbegriffen (vgl. H. I S. 38) festgestellt worden.

A. Wachstum und Formen des Stammes.

1. **Wachstum und Verzweigung des Stammes.** a) Legt man die äußerste Spitze eines Zweiges der Wasserpest unter das Mikroskop oder stellt man durch das entsprechende Stück einer Landpflanze dünne Längsschnitte her, ist zu erkennen, daß ein solches Stamm- oder Zweigende aus protoplasmareichen, zartwandigen Zellen aufgebaut ist, die eng aneinander schließen. Da sich diese Zellen durch Teilung lebhaft vermehren, wachsen Stamm und Zweige an dieser Stelle fortgesetzt in die Länge. Den meist kegelförmigen Endabschnitt bezeichnet man daher als Wachstums- oder Vegetationskegel.



Wachstumskegel der Wasserpest (100 mal vergr.). B Blattanlagen.

An jenen Pflanzenteilen sehen wir weiter, wie an dem Stamme kleine Höcker und Wülste entstehen, die, je weiter von der Stammspitze entfernt, immer mehr die Gestalt von Blättern annehmen. Die Blätter sind also ihrer Entstehung nach nichts anderes als Hervorstülpungen des Stammes.

Indem sich der jugendliche Stamm in die Länge streckt, werden die Blätter so weit voneinander entfernt, wie dies für jede Pflanze eigentümlich ist. Demnach sind die zwischen je zwei Stengelknoten liegenden Stengelglieder verschieden lang. Sind die Stengelglieder langgestreckt, so spricht man von Langtrieben (Zweige der Buche, Weide usw.). Oft bleiben die Stengelglieder aber so kurz, daß die Blätter fast ohne Zwischenräume aufeinanderfolgen (Wegerich, Löwenzahn, Tulpenzwiebel usw.). Solche verkürzte oder gestauchte Stengel oder Zweige werden als Kurztriebe bezeichnet.

b) Im allgemeinen eilen die jungen Blätter in ihrer Ausbildung dem sich streckenden Stamm- oder Zweigende voraus. Sie legen sich schützend über den sehr zarten Wachstumskegel, decken sich gegenseitig und bilden eine Knospe. Die Wachstumsstelle des Stammes bedarf daher im Gegensatze zur wachsenden Wurzelspitze keines besonderen Schutzorgans. Knospen, die ungünstige Zeiten (Winter, lange Dürre) überstehen müssen, werden meist durch Blätter (Knospenschuppen) und andre Mittel fest abgeschlossen.

An dünnen Schnitten durch die Knospe, z. B. der Linde, erkennt man, daß sich in den Blattachseln Anlagen zu beblätterten Seitenzweigen bilden. Entweder wachsen diese Anlagen gleich weiter oder sie verharren im Knospenzustande. Im Gegensatze zu den Endknospen, die das Wachstum des

Stammes oder Zweiges oft viele Jahre lang fortsetzen, bezeichnet man diese Knospen als Achselknospen. Da die Zweige aus den Achseln der Blätter entspringen, stimmt die Stellung der Zweige mit der der Blätter überein.



Längsschnitt durch eine Endknospe (schemat.). W Wachstumskegel; B Blätter; K Achselknospen; O Oberhaut; R Rinde; G Gefäßbündel; M Mark.

c) Bei gewissen Pflanzen besitzen aber auch ältere Teile die Fähigkeit, Knospen und damit neue Sprosse zu erzeugen. Am häufigsten treten uns solche Sprosse als Stockausschlag geköpfter Bäume (Weiden, Pappeln, Robinie u. a.) entgegen.

2. **Sproßformen.** Außer den in den „Grundbegriffen" schon besprochenen Hauptsproßformen (Krautstengel, Halm, Schaft, Holzstamm; vgl. H. I, S. 38) gibt es bei zahlreichen Pflanzen Sproßformen, die andere Aufgaben zu erfüllen haben und dementsprechend umgewandelt sind. Zu ihnen gehören die Ausläufer (oberirdisch bei Erdbeere, Veilchen u. a., unterirdisch bei zahlreichen Gräsern u. a.), die Sproßdornen (Birnbaum, Schwarzdorn u. a.), windende Stengel, Stengelranken und die unterirdischen Sprosse (Wurzelstöcke oder Rhizome, Zwiebeln und Stengelknollen). Die unterirdischen Stengelteile enthalten in mehr oder minder großer Menge Reservestoffe, mit denen sie besonders zu Beginn ungünstiger Jahreszeiten (Winter, Trockenzeit) angefüllt sind, während die oberirdischen Teile absterben. Dadurch vermögen die Pflanzen diese Zeiten zu überdauern.

B. Die Richtung der Stämme und Zweige.

1. **Einwirkung der Schwerkraft.** a) Es gibt zwar einige Pflanzen, deren oberirdische Stämme dem Erdboden aufliegen (Gundermann, Weißklee u. a.), im allgemeinen aber stehen diese Pflanzenteile überall auf der Erdkugel senkrecht. Selbst auf Berglehnen und andren schrägen Flächen ist dies der Fall. Legen wir einen Samen in die Erde — ganz gleich, welche Lage wir dem von der Samenhaut umhüllten Keimlinge gegeben haben! —, sein Stengel wächst in jedem Falle senkrecht nach oben. Sind Baumstämme durch den Wind umgestürzt, aber noch nicht völlig entwurzelt, so stellt sich der wachstumsfähige Teil des Gipfeltriebes nach kurzer Zeit wieder in die Lotrichtung. Hat sich das noch grüne Getreide gelagert, so richten sich die Halme durch einseitiges Wachstum gewisser Knoten wieder empor u. dgl. mehr.

Auch künstlich können wir diese Erscheinungen leicht hervorrufen: Legen wir z. B. den Blumentopf, in dem wir irgend welche Keimpflänzchen gezogen haben, wagerecht, so krümmen sich die Stengel alsbald so stark, daß sie wieder senkrecht zu stehen kommen; dasselbe beobachten wir an jeder Zimmerpflanze, ja sogar an abgeschnittenen Stengelteilen (an jungen Laub- und Blütenzweigen, am Schafte des Löwenzahnes usw.), die wir z. B. so in einen mit feuchtem Sande gefüllten Blumentopf stecken, daß sie wagerecht zu liegen kommen.

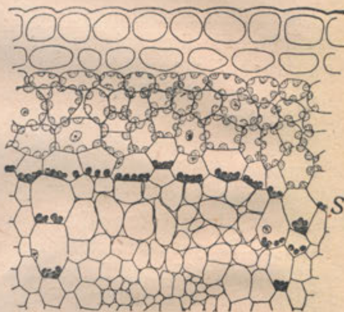
b) Wiederholen wir jetzt den Versuch, durch den wir die einseitige Wirkung der Schwerkraft auf Pflanzenteile aufheben können (s. S. 74, 2), so sehen wir, daß sich die Stengel gleich den Wurzeln nach allen Richtungen des Raumes erstrecken. Dies ist ein deutliches Zeichen

dafür, daß die senkrechte Stellung der Stämme sowie das Zurückkehren wachsender Stengelteile in die Lotrichtung unter dem Einflusse der Schwerkraft erfolgt, oder kurz: daß wir es hier mit geotropischen Erscheinungen zu tun haben.

Ein Stengelteil, der aus der senkrechten Stellung gebracht ist, wird wie die wagerecht gelegte Hauptwurzel in unserm Versuche einseitig von der Schwerkraft gereizt. Wie wir nun in jedem Falle beobachten können (besonders deutlich an den Knoten des sich aufrichtenden Grashalmes!), wird das Wachstum der Unterseite gesteigert, das der Oberseite dagegen gehemmt, so daß ein Aufrichten des Stengels erfolgen muß. Senkrecht stehende Stämme beeinflußt die Schwerkraft (ähnlich natürlich senkrecht gerichtete Hauptwurzeln) ringsum gleich: Sie wachsen daher auf allen Seiten auch gleich stark, d. h. sie behalten die senkrechte Richtung bei.

c) Die Schwerkraft wirkt auf die Stämme also genau umgekehrt wie auf die Hauptwurzel: Während diese erdwendig oder positiv-geotropisch ist, sind die (oberirdischen) Stämme erdflüchtig oder negativ-geotropisch. Wie wir das Eindringen der Hauptwurzel in den Boden als durchaus „zweckmäßig" erkannten, so steht auch die Erdflüchtigkeit der Stämme mit ihrer Aufgabe im innigsten Zusammenhange; denn soll der Stamm die Blätter in der Luft und im Lichte ausbreiten sowie Blüten und Früchte freistellen, so muß er sich möglichst hoch über den Erdboden erheben.

d) Derselben Aufgabe haben auch die Zweige zu dienen. Sie stellen sich aber schräg aufwärts oder wagrecht und behalten diese Richtung mit größter Zähigkeit bei. Auch die wagrecht im Boden fortwachsenden Rhizome stehen unter dem Einfluß der Schwerkraft. Pflanzenteile, deren Wachstumsrichtung die Lotrichtung schneidet, bezeichnet man als transversal-geotropisch. Hat eine Pflanze den Gipfeltrieb verloren, so stellt sich vielfach ein Seitenzweig senkrecht und führt so den abgebrochenen Stamm gleichsam fort.



Teil eines Querschnittes durch einen wagerechten Stengel des ausdauernden Leins. In den Zellen der Gefäßbündelscheide S zahlreiche Stärkekörner. (Nach Haberlandt.)

e) Wie früher erwähnt wurde, bewegt sich der übergeneigte Stengelteil der windenden Pflanzen im Kreise; so „schwingt" der wachsende Stengel der Bohne nach links. Diese Bewegung kommt dadurch zustande, daß der schwingende Stengelabschnitt an der entgegengesetzten, also rechten Seite fortgesetzt im Wachstum gefördert wird. Dieses „einseitige" Wachstum veranlaßt auch eine Drehung des Gipfels um seine Längsachse, also eine doppelte Bewegung des Gipfels. — Die Bohne, die Winden und zahlreiche andere Schlingpflanzen sind linkswindend, Hopfen und Geißblatt dagegen rechtswindend.

f) Ähnlich wie die geotropische Einwirkung auf die Wurzel sollen die auf den Stamm und seine Zweige durch Vermittlung von Stärkekörnern erfolgen, die sich in den Zellen der Gefäßbündelscheide vorfinden.

2. **Einwirkung des Lichtes.** a) Zimmerpflanzen, die am Fenster stehen, neigen sich dem Lichte zu und die Sprosse der Kartoffeln im Keller strecken sich den schwachen Lichtstrahlen entgegen, die durch das kleine Fenster eindringen. An Bäumen und Sträuchern, die am Waldesrande, an Mauern, oder im Schatten höherer Bäume wachsen, lassen sich oft ganz ähnliche Erscheinungen beobachten: Ihre Stämme und Zweige sind mehr oder weniger nach der Lichtseite geneigt, so daß die Kronen oft eine merkwürdige Gestalt annehmen. Diese und viele ähnliche Tatsachen zeigen, daß die Pflanzen

unter dem Einflusse des Lichtes gewisse Krümmungen ausführen, eine Eigenschaft, die man als Heliotropismus bezeichnet.

b) Wie wir z. B. an Zimmerpflanzen leicht beobachten können, sind jedoch nur wachsende Pflanzenteile (Zweigenden u. dgl.) imstande, dem Einflusse des Lichtes Folge zu leisten oder kurz: sich heliotropisch zu krümmen. Tragen wir an wachsenden Stengeln, solange sie noch ganz gerade gestreckt sind, Querstriche mit Tusche auf, die je 1 mm voneinander entfernt sind, so sehen wir nach erfolgter Krümmung, daß sich die Striche auf der Schattenseite weit voneinander entfernt haben, während sie auf der „Lichtseite" nur wenig oder gar nicht auseinander gerückt sind. Das Licht hat die Pflanzenteile also gereizt, auf der Schattenseite stärker zu wachsen als auf der Lichtseite, so daß jene Krümmungen stattfinden mußten. (Dieser Versuch läßt sich besonders gut mit Keimpflanzen anstellen.)

c) Wie in den beobachteten Fällen suchen fast alle oberirdischen Stämme und Zweige (bei einseitiger Beleuchtung) das Licht auf und wachsen in der Richtung des Lichtes weiter. Sie sind lichtwendig oder positiv-heliotropisch, eine Erscheinung, die mit der Aufgabe dieser Pflanzenteile wieder aufs innigste zusammenhängt.

Die meisten Kletterwurzeln (Efeu), Ranken (Weinstock) und Erdwurzeln dagegen fliehen das Licht. Sie sind, wie es zur Erfüllung ihrer Aufgabe notwendig ist, lichtscheu oder negativ-heliotropisch.

Wie man an den Zimmerpflanzen sehen kann, suchen die Blätter gleich den Stämmen und Zweigen das Licht auf und stellen sich ihm zumeist senkrecht entgegen. Ändert man die Richtung, in der das Licht einfällt, so nehmen sie auch eine andere Stellung ein; stets aber bewegen sie sich hierbei so, daß sie die größtmögliche Menge von Lichtstrahlen auffangen, eine Tatsache, die für die Assimilation von höchster Wichtigkeit ist. Die Blätter sind also transversal-heliotropisch.

Kurz: Wie zur Schwerkraft nehmen die Pflanzenteile auch zum Lichte genau die Lage ein, die für ihr Leben notwendig ist. Bringt man sie in eine andere Lage, so suchen sie die erstere, solange sie noch wachstumsfähig sind, wieder zu erlangen.

3. **Einwirkung durch Berührung.** Gleich den windenden Pflanzen vermögen auch die rankenden nur dadurch ihre Blätter, Blüten und Früchte in die Luft und das Licht zu erheben, daß sie sich an fremden Gegenständen aufrichten. Sie bedienen sich der Ranken, in denen wir bereits Stengel- (Weinstock) oder Blattgebilde (Erbse) erkannt haben. Bei einigen Pflanzen (Waldrebe, Kapuzinerkresse u. a.) übernehmen es die Stiele der sonst unveränderten Blätter, den schwachen Stamm an die Stützen zu binden.

Wie wir nun bei der Betrachtung des Weinstockes gesehen haben, gehen mit der Ranke, sobald sie bei ihren kreisenden Schwingungen auf eine Stütze trifft, eine Anzahl wichtiger Veränderungen vor sich: Die Berührung der Stütze wirkt auf die Ranke also wie ein Reiz. Durch den Reiz wird das Rankenende veranlaßt, sich zu krümmen, d. h. auf der Außenseite stärker als auf der Innenseite zu wachsen und dadurch die Stütze zu umschlingen. Ist die Befestigung erfolgt, dann rollt sich der freie Rankenteil korkzieherartig ein und die ganze Ranke verholzt, ein Zeichen, daß der Reiz auch auf Teile fortgepflanzt wird, die mit der Stütze nicht in Berührung gekommen sind. Wir haben es hier also mit einer ähnlichen Reizleitung zu tun, wie sie in unsern Nerven stattfindet. Auch an den Drüsenwimpern des Sonnentaublattes, an den Blättern des wilden Weines usw. können wir die Fortleitung von Reizen beobachten.

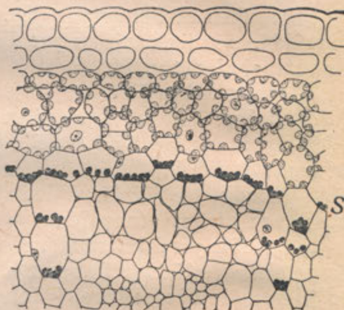
dafür, daß die senkrechte Stellung der Stämme sowie das Zurückkehren wachsender Stengelteile in die Lotrichtung unter dem Einflusse der Schwerkraft erfolgt, oder kurz: daß wir es hier mit geotropischen Erscheinungen zu tun haben.

Ein Stengelteil, der aus der senkrechten Stellung gebracht ist, wird wie die wagerecht gelegte Hauptwurzel in unserm Versuche einseitig von der Schwerkraft gereizt. Wie wir nun in jedem Falle beobachten können (besonders deutlich an den Knoten des sich aufrichtenden Grashalmes!), wird das Wachstum der Unterseite gesteigert, das der Oberseite dagegen gehemmt, so daß ein Aufrichten des Stengels erfolgen muß. Senkrecht stehende Stämme beeinflußt die Schwerkraft (ähnlich natürlich senkrecht gerichtete Hauptwurzeln) ringsum gleich: Sie wachsen daher auf allen Seiten auch gleich stark, d. h. sie behalten die senkrechte Richtung bei.

c) Die Schwerkraft wirkt auf die Stämme also genau umgekehrt wie auf die Hauptwurzel: Während diese erdwendig oder positiv-geotropisch ist, sind die (oberirdischen) Stämme erdflüchtig oder negativ-geotropisch. Wie wir das Eindringen der Hauptwurzel in den Boden als durchaus „zweckmäßig" erkannten, so steht auch die Erdflüchtigkeit der Stämme mit ihrer Aufgabe im innigsten Zusammenhange; denn soll der Stamm die Blätter in der Luft und im Lichte ausbreiten sowie Blüten und Früchte freistellen, so muß er sich möglichst hoch über den Erdboden erheben.

d) Derselben Aufgabe haben auch die Zweige zu dienen. Sie stellen sich aber schräg aufwärts oder wagrecht und behalten diese Richtung mit größter Zähigkeit bei. Auch die wagrecht im Boden fortwachsenden Rhizome stehen unter dem Einfluß der Schwerkraft. Pflanzenteile, deren Wachstumsrichtung die Lotrichtung schneidet, bezeichnet man als transversal-geotropisch. Hat eine Pflanze den Gipfeltrieb verloren, so stellt sich vielfach ein Seitenzweig senkrecht und führt so den abgebrochenen Stamm gleichsam fort.

e) Wie früher erwähnt wurde, bewegt sich der übergeneigte Stengelteil der windenden Pflanzen im Kreise; so „schwingt" der wachsende Stengel der Bohne nach links. Diese Bewegung kommt dadurch zustande, daß der schwingende Stengelabschnitt an der entgegengesetzten, also rechten Seite fortgesetzt im Wachstum gefördert wird. Dieses „einseitige" Wachstum veranlaßt auch eine Drehung des Gipfels um seine Längsachse, also eine doppelte Bewegung des Gipfels. — Die Bohne, die Winden und zahlreiche andere Schlingpflanzen sind linkswindend, Hopfen und Geißblatt dagegen rechtswindend.



Teil eines Querschnittes durch einen wagerechten Stengel des ausdauernden Leins. In den Zellen der Gefäßbündelscheide S zahlreiche Stärkekörner. (Nach Haberlandt.)

f) Ähnlich wie die geotropische Einwirkung auf die Wurzel sollen die auf den Stamm und seine Zweige durch Vermittlung von Stärkekörnern erfolgen, die sich in den Zellen der Gefäßbündelscheide vorfinden.

2. **Einwirkung des Lichtes.** a) Zimmerpflanzen, die am Fenster stehen, neigen sich dem Lichte zu und die Sprosse der Kartoffeln im Keller strecken sich den schwachen Lichtstrahlen entgegen, die durch das kleine Fenster eindringen. An Bäumen und Sträuchern, die am Waldesrande, an Mauern, oder im Schatten höherer Bäume wachsen, lassen sich oft ganz ähnliche Erscheinungen beobachten: Ihre Stämme und Zweige sind mehr oder weniger nach der Lichtseite geneigt, so daß die Kronen oft eine merkwürdige Gestalt annehmen. Diese und viele ähnliche Tatsachen zeigen, daß die Pflanzen

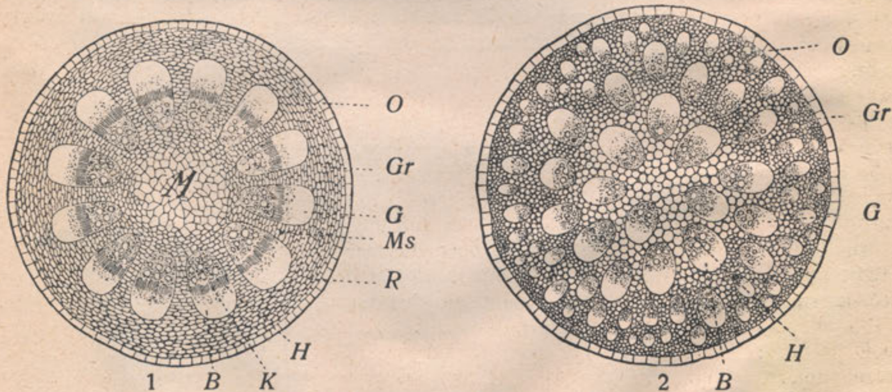
C. Der Bau des Stammes in seinen Grundzügen.

Die im Vegetationskegel durch Teilung entstehenden Zellen sind außerordentlich zartwandig und unter sich vollkommen gleichartig. Je älter die Zellen jedoch werden, desto mehr nehmen die Zellwände an Festigkeit und Widerstandsfähigkeit zu und desto mehr treten Unterschiede zwischen den Zellen auf, wie sie der Arbeitsteilung im Stamme entsprechen.

1. **Der Bauplan des Stammes.** Querschnitte durch den ausgewachsenen Stengel einer krautigen Pflanze zeigen uns, wie schon besprochen ist (vgl. H. III S. 194), drei Teile: die äußerste Zellschicht oder Oberhaut, das aus rundlichen oder vieleckigen Zellen bestehende Grundgewebe und die Gefäßbündel. Aus diesen übereinstimmenden Befunden geht hervor, daß der Stengel einen Zylinder von Grundgewebe darstellt, der außen von der Oberhaut bedeckt und in seiner ganzen Länge von zahlreichen Gefäßbündeln durchzogen ist.

Den niedern Pflanzen (Moosen, Algen und Pilzen) fehlen echte Gefäßbündel stets. Sie stehen daher den übrigen Gewächsen, den „Gefäßpflanzen" (Farn- und Blütenpflanzen), als „Zellpflanzen" gegenüber.

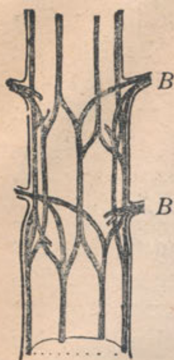
Untersuchen wir Vertreter der drei großen Gruppen der Blütenpflanzen, so erkennen wir, wie ebenfalls schon erwähnt ist, daß in dem gemeinsamen Bauplane ihrer Stämme ein wichtiger Unterschied vorhanden ist:



Querschnitt eines Stammes (schematisch): 1 von einer zweikeimblättrigen Pflanze oder einem Nadelholze, 2 von einer einkeimblättrigen Pflanze. O Oberhaut; Gr Grundgewebe; G Gefäßbündel. In Fig. 1 ist das Grundgewebe (Gr) wieder geschieden in: M Mark; R Rinde und Ms Markstrahlen. Die Gefäßbündel sind aus einem Holzteile (H) und einem Bastteile (B) zusammengesetzt. Zwischen diese Teile schiebt sich in Fig. 1 das Kambium (K) ein.

a) An Querschnitten durch einen krautigen Stengel oder jungen Zweig einer zweikeimblättrigen Pflanze oder eines Nadelholzes sahen wir, daß die Gefäßbündel in einem Kreise um die Längsachse des Stengels

gelagert sind. Wir können dann im Grundgewebe das Mark, die Rinde und die Markstrahlen unterscheiden. (An jungen Zweigen des Pfeifenkrautes sind alle diese Teile schon mit unbewaffnetem Auge zu erkennen.)



Verlauf der Gefäßbündel in dem längsdurchschnitten gedachten Stamme der Waldrebe. B Eintritt in die Blätter.

b) An Querschnitten durch den Stengel einkeimblättriger Pflanzen (z. B. vom Mais oder von einem Liliengewächs) bemerken wir, daß die Gefäßbündel unregelmäßig in dem Grundgewebe verstreut sind. Es findet daher hier auch keine deutliche Sonderung des Grundgewebes in Mark, Rinde und Markstrahlen statt. Die den zweikeimblättrigen Pflanzen entsprechenden Teile des Grundgewebes werden jedoch gleichfalls als Mark, bezw. als Rinde bezeichnet.

2. **Die Verbindung des Stammes mit Blatt und Wurzel.** Wie man sich an Quer- und Längsschnitten, die man durch krautige Stengel oder junge Zweige herstellt, leicht überzeugen kann, biegen in jedes Blatt ein oder mehrere Abzweigungen von Gefäßbündeln ein (s. auch Abb. S. 76). Dort bilden sie die Nerven oder Adern des Blattes. Auch die Nerven in den einzelnen Blütenteilen und in den Früchten sind nichts andres als Gefäßbündel und deren Verzweigungen. (Reißt man ein Wegerichblatt vom Stengel ab, so ragen die Gefäßbündel als zähe, feste Stränge aus der Rißstelle hervor.)

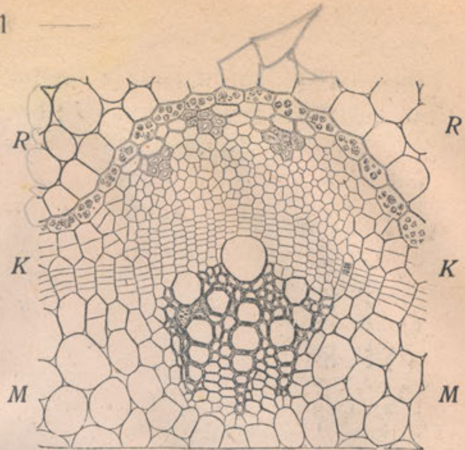
Ebenso stehen auch die Gefäßbündel des Stammes mit dem einzigen Gefäßbündel der Wurzel im Zusammenhange. Dieser feste Strang durchzieht die Wurzel der Länge nach. Er ist von einer dichten Rinde umgeben, die wieder von einer Oberhaut bedeckt ist. Im Innern des Gefäßbündels ist vielfach ein lockeres Mark vorhanden. (Weiteres s. Abschn. G.)

D. Die Gefäßbündel.

Auf Querschnitten durch den Stengel einer Blütenpflanze ist, wie ebenfalls schon erwähnt wurde (Heft III S. 195), deutlich wahrzunehmen, daß jedes Gefäßbündel aus zwei Teilen besteht. Die nach innen gerichteten Bestandteile besitzen im Gegensatz zu den nach außen gerichteten stark verholzte Wände. (Die Verholzung der Zellwände kann durch Chlorzinkjodlösung nachgewiesen werden; diese färbt Zellulose schön blau, verholzte Teile dagegen gelb.) Darnach wird der innere Teil der Gefäßbündel als Holzteil bezeichnet, während man den äußeren Bastteil nennt. Zwischen beiden liegt — jedoch nur bei den zweikeimblättrigen Pflanzen und den Nadelhölzern — eine Schicht sehr zartwandiger Zellen, das Kambium.

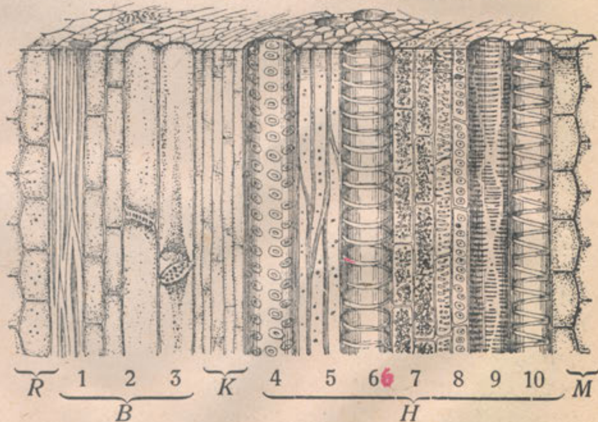
Die Gefäßbündel der Blätter, die Blattnerven, sowie die der Wurzeln bestehen — wie hier wiederholt sein mag — ebenfalls aus Holz- und Bastteil. Da die Gefäßbündel der Blätter gleichsam aus dem Stengel heraus gebogen sind, muß bei ihnen der Holzteil nach oben und der Bastteil nach unten gerichtet sein.

1. **Der Holzteil** ist aus sehr verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzt. Auf dem Längsschnitt fallen besonders lange, weite Röhren auf. Sie sind aus übereinander liegenden, zylindrischen oder prismatischen Zellen dadurch hervorgegangen, daß sich deren Querwände auflösten. Man bezeichnet sie als Holzgefäße oder kurz als Gefäße (daher: Gefäßbündel!) und zwar unterscheidet man nach der Form der Wandverdickungen Ring-, Schrauben-, Netz- und Tüpfelgefäße. Sie sind im Durchschnitt etwa 10 cm, in Ausnahmefällen aber (z. B. bei der Eiche und Robinie) einen oder gar mehrere Meter lang und erscheinen auf dem Querschnitte oft schon dem unbewaffneten Auge als Löcher oder Poren (s. Abb. S. 82).



Querschnitt durch ein Gefäßbündel einer zweikeimblättrigen Pflanze. Das Gefäßbündel liegt zwischen der Rinde R und dem Marke M. Durch das Kambium K wird es in zwei Teile zerlegt: zwischen R und K liegt der Bastteil mit Gruppen dickwandiger Bastfasern, zwischen K und M der Holzteil, der aus verschieden weiten Gefäßen, dickwandigen Holzfasern und Zellen mit unverdickten Wänden besteht.

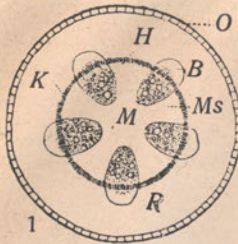
Neben den Gefäßen treten in der Regel noch ganz ähnliche Gebilde von geringerer Weite auf. Sie sind aber nicht durch Verschmelzung von Zellen entstanden, sondern sind selbst Zellen, daher werden sie auch Gefäßzellen genannt. (In den Gefäßbündeln der Gefäß-Sporenpflanzen finden sich — trotz des Namens — statt der Gefäße gewöhnlich nur Gefäßzellen; auch bei der großen Mehrzahl der Gymnospermen ist das der Fall.)

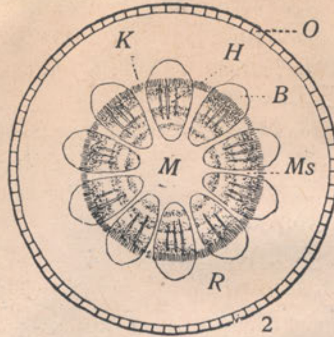


Längsschnitt durch ein Gefäßbündel einer zweikeimblättrigen Pflanze (schematisch). R Rinde. B Bastteil und zwar: 1 Bastfasern, 2 zartwandige Bastzellen, 3 Siebröhren. K Kambium. H Holzteil und zwar: 4 Tüpfelgefäß, 5 Holzfasern, 6 Ringgefäß, 7 prismatische Zellen mit Stärkekörnern, 8 Gefäßzellen, 9 Netzgefäß, 10 Schraubengefäß. M Mark.

Zwischen den Gefäßen und Gefäßzellen liegen meist noch Gruppen langgestreckter Zellen mit zugespitzten Enden und stark verdickten Wänden, die als Holzfasern bezeichnet werden. Die Gefäße, Gefäßzellen und Holzfasern

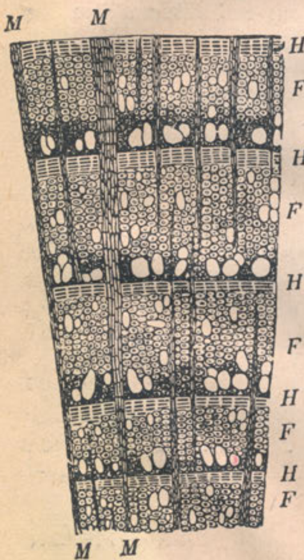
verlieren, nachdem sie vollständig ausgebildet sind, ihren lebenden Inhalt: es sind sodann tote Gebilde. Für die Pflanze sind sie dadurch aber nicht etwa wertlos geworden: Verleihen sie doch dem Stamme die nötige Festigkeit und dienen sie — wie wir weiter unten sehen werden — dazu, das Wasser und die in ihm enthaltenen Nährstoffe zu den Blättern empor zu leiten.

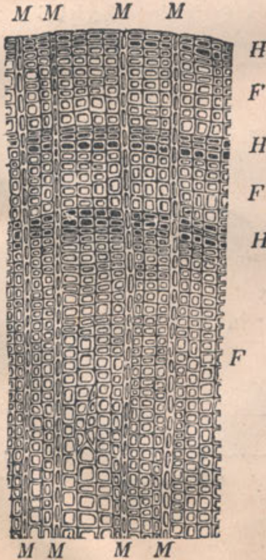




Dickenwachstum der Stämme (schematisch). 1 Querschnitt durch einen einjährigen und 2 durch einen dreijährigen Stamm. In den Markstrahlen hat sich Kambium (K) gebildet. In Fig. 2 haben sich die Gefäßbündel vermehrt; ihre Holzteile lassen je 3 Jahresringe und mehrere Nebenmarkstrahlen erkennen. Die übrigen Bezeichnungen wie in Abb. S. 79.

Neben diesen toten Bestandteilen finden sich im Holzteile der Gefäßbündel aber auch lebende. Es sind dies kurze, prismatische Zellen mit unverdickten Wänden. Sie werden gleich allen anderen lebenden Bestandteilen des Stammes (Bast und Rinde!) bei ausdauernden Gewächsen als Vorratskammern benutzt, in denen während des Winters die notwendigen Baustoffe (Stärke und Öl) für das nächste Jahr aufbewahrt werden. —





Teile von Querschnitten durch das Holz eines Laub- und eines Nadelbaumes. 1 Holz der Buche (mit zahlreichen Gefäßen). 2 Holz der Fichte (besitzt keine Gefäße). F Das lockere Frühjahrs-, H das festere Herbstholz, das die Grenzen der Jahresringe bildet. M Markstrahlen. Die andern, in Fig. 1 senkrecht verlaufenden und blind im Holze endigenden Zellreihen sind Nebenmarkstrahlen.

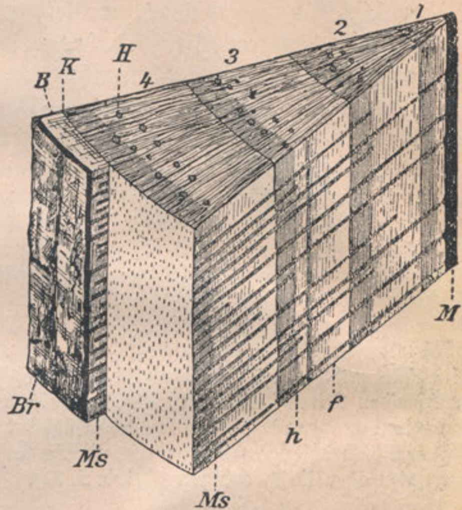
2. **Der Bastteil.** Auch der Bastteil besteht aus verschieden geformten Bestandteilen. Stets finden sich lange Zellreihen, deren Scheidewände zwar erhalten geblieben, aber siebartig durchlöchert sind („Siebplatten"). Diese sog. Siebröhren enthalten außer etwas Protoplasma, das die Wände überkleidet, eine mehr oder weniger verdünnte Eiweißlösung, die durch die Siebplatten von Zelle zu Zelle wandert.

Neben gleichfalls dünnwandigen, aber rundlichen oder prismatischen Zellen treten im Bast noch langgestreckte Zellen mit sehr dicken Wänden auf. Diese zähen und festen Bastfasern sind es, die man vom Flachs, Hanf und einigen Brennesselgewächsen sowie von der Linde und zahlreichen andern Pflanzen gewinnt und zur Herstellung von Gespinsten oder Flechtwerken, zum Anbinden u. dgl. verwendet.

3. **Das Kambium und das Dickenwachstum der Stämme.** Der oberirdische Stamm unserer „Holzgewächse" wird fortgesetzt kräftiger und stärker, so daß er die oft riesige Last der Krone tragen und selbst heftigen Stürmen trotzen kann. Die Bildung dieser Holzmassen ist bereits besprochen worden (vgl. H. III S. 195).

a) Es sei nur wiederholt, daß durch Verschmelzung der Holzteile der Gefäßbündel nach und nach ein zusammenhängender Holzkörper und durch Vereinigung der Bastteile der Gefäßbündel (unter Einbeziehung der Rinde) die Baumrinde entsteht.

Gleichzeitig haben sich in den Markstrahlen die Zellen, die an das Kambium grenzen, durch Teilung ebenfalls in Kambium verwandelt. So entsteht ein dünner Kambium-Zylinder, der Rinde und Holzkörper voneinander trennt und auf dem Querschnitte des Stammes als Kreis erscheint. (An dünnen Zweigen des Pfeifenstrauches ist dieser Kreis schon mit bloßem Auge deutlich zu erkennen.) Da die Zellen des Kambiums außerordentlich zart sind, so lassen sie sich durch Klopfen leicht zerstören. Daher vermögen die Kinder die Rinde z. B. der Weidenzweige vom Holzkörper leicht abzulösen um daraus Pfeifen herzustellen.



Keilförmiges Stück aus dem Stamme einer vierjährigen Kiefer. 1—4 Jahresringe mit f dem Frühjahrs- und h dem Herbstholze. B Bastteil. Br Borke. H Harzgänge. K Kambiumring. M Mark. Ms Markstrahlen.

b) Die Kambiumzellen sind gleich den Zellen des Wachstumskegels imstande, sich durch Teilung fortgesetzt zu vermehren. Die neu entstehenden Zellen bilden sich nach innen zu Gefäßen, Gefäßzellen, Holzfasern und prismatischen Holzzellen, nach außen dagegen zu Siebröhren, Bastfasern und anderen Bestandteilen des Bastes um. Auf diese Weise werden Holz und Bast fortgesetzt stärker: der Stamm wächst in die Dicke. Wie die Erfahrung zeigt, ist die Neubildung des Holzes bei weitem größer als die des Bastes.

Da die Gefäßbündel der einkeimblättrigen Gewächse keine Verdickungsschicht, kein Kambium, enthalten, besitzen die Stämme dieser Pflanzen bis auf Ausnahmen (Drachenbäume, Palmlilien und ein Teil der Palmen) auch kein Dickenwachstum. — In dem Maße, in dem die Stämme dicker werden, nehmen auch die Wurzeln der betreffenden Pflanzen fortgesetzt durch Dickenwachstum zu.

c) Der Zuwachs geht in unseren Breiten (wie in allen außertropischen Gegenden) nur vom Frühjahre bis zum Herbste vor sich. In der Regel besitzt nun das Holz, das sich im Frühjahre bildet, dünnwandige Bestandteile von größerer Weite und ist reicher an Gefäßen als das später im Jahre entstehende. Daher läßt sich das lockere, poröse **Frühjahrsholz** meist leicht von dem festeren und dichteren **Herbstholze** unterscheiden. So kommt es in der Holzmasse zur Bildung von **Jahresringen**, deren Anzahl bei normalem Wachstume das Alter der Bäume angibt. — Das Holz der Nadelbäume besteht (vom 2. Jahresringe ab) nur aus Gefäßzellen.

An dem Holze der älteren Jahresringe kann man in der Regel eine wichtige Veränderung bemerken. In die Wände oder Hohlräume der einzelnen Bestandteile lagert sich Gerbstoff oder Gummi ein, Stoffe, die das Holz gegen den Angriff Fäulnis erregender Pilze schützen (Gerben der Felle!). Hierdurch erhält das Holz eine dunklere Farbe, so daß es sich als **Kernholz** meist deutlich von dem helleren Holze der jüngsten Jahresringe, dem **Splinte**, abhebt. (Im Kernholze mehrerer Bäume, z. B. der Weiden, lagern sich keine Schutzstoffe ab. Es wird daher leicht durch Fäulnis zerstört, so daß die Stämme hohl werden.)

d) Das Kambium, das sich **zwischen** den einzelnen Gefäßbündeln gebildet hat, besitzt gleichfalls ein fortgesetztes Wachstum. Durch seine Tätigkeit werden die **Markstrahlen** nach beiden Seiten verlängert. Werden Holz- und Bastteil der Gefäßbündel immer breiter, so beginnt auch das Kambium in den Gefäßbündeln an gewissen Stellen und zu verschiedenen Zeiten Markstrahlengewebe zu erzeugen. So entstehen die **Nebenmarkstrahlen**, die blind im Holze oder Baste endigen (s. Abb. S. 82).

E. Leitungsbahnen im Stamme.

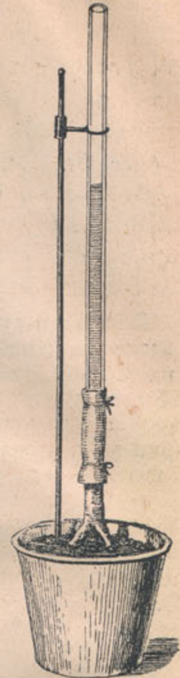
1. **Die Leitungsbahnen für Wasser und Nährsalze.** a) Stellen wir eine abgeschnittene Balsamine, die einen möglichst durchscheinenden Stengel besitzt, in Wasser, in dem etwas Eosin gelöst ist, so sehen wir schon von außen, daß das rotgefärbte Wasser in den Gefäßbündeln des Stengels emporsteigt. Gleich den Blattnerven (s. S. 66) sind also **die Gefäßbündel des Stengels die Bahnen, die der Leitung des Wassers und der Nährsalze dienen.**

b) Wie die Leitung in einem Baumstamme (Zweige) geschieht, zeigt ein andrer einfacher Versuch: Wir entfernen von einem Aste, der mit dem Baume im Zusammenhange bleibt, einen mehrere Zentimeter breiten Rindenring bis auf das Holz. Da die Blätter dieses Zweiges nicht vertrocknen, das Mark aber bereits verschrumpft ist, so **kann das Wasser nur im Holze emporgestiegen sein.** Nun sehen wir nicht selten Bäume lebhaft grünen, in denen alles ältere Holz durch Fäulnis zerstört ist (hohle Weiden u. a.): die Leitung des Wassers vermag also **nur in den jüngsten Jahresringen**, im Splinte, zu erfolgen.

c) Schwierige Untersuchungen haben weiter ergeben, daß das Wasser (meist mit Luftblasen untermischt) in den Hohlräumen der Gefäße und Gefäßzellen emporsteigt. Hiermit steht im innigsten Zusammenhange, daß diese Gebilde die Form langgestreckter Röhren besitzen, daß sie in der Längsrichtung der Stämme verlaufen (Wasserleitungsröhren), daß ihre Querwände (Gefäße!) verschwinden und ihre Wände teilweise verdickt sind.

d) Durch welche Kräfte das Wasser in dem Holze emporgetrieben wird, ist von der Wissenschaft bisher noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt. Wie wir bereits wissen, spielt die Verdunstung hierbei eine wichtige Rolle: Die Blattzelle, die Wasser verloren hat, „sucht" den Verlust zu decken; sie entnimmt es der zweiten, diese der dritten usf. Auf diese Weise wird das Wasser gleichsam von Zelle zu Zelle weitergegeben.

Eine andre Kraft, die hierbei tätig ist, ist der sog. Wurzeldruck, von dessen Vorhandensein wir uns leicht in folgender Weise überzeugen können: Wir schneiden eine kräftige Pflanze (Sonnenblume oder dgl.), die wir im Blumentopfe gezogen haben, oder eine Weinrebe dicht über dem Boden ab und befestigen auf dem Stengelstumpfe mit Hilfe eines Gummischlauches eine lange, senkrecht stehende Glasröhre. Halten wir den Boden feucht, so steigt in dem Glasrohre bald Wasser empor. Dieses Wasser ist von den Wurzelhaaren aus dem Boden gesogen, durch die Rindenzellen in das Gefäßbündel der Wurzel und von hier aus in die Gefäßbündel des Stengels geleitet. Da es nun auch ohne die saugende Wirkung der Blätter die Glasröhre nach und nach anfüllt, so ist dies ein Zeichen, daß hier eine Kraft („Wurzeldruck") wirkt, durch die es in den Stengel gepreßt wird. An „blutenden" Weinreben steigt der Saft sogar 10 und mehr Meter hoch empor. — Erhöhen sich die Temperatur und der Wassergehalt des Erdbodens, so wird auch die Menge des ausgepreßten Wassers größer. Weinreben, die nur wenige Tage „bluten", verlieren täglich bis 1 Liter, Birken, bei denen das „Bluten" nahezu 1 Monat anhält, bis $6^1/_2$ Liter, und Agaven scheiden sogar 1—5 Monate hindurch im Tage durchschnittlich $7^1/_2$ Liter Saft aus. Die Säfte der Birken, gewisser Ahornarten und der Agaven enthalten neben anderen Stoffen eine beträchtliche Menge Zucker. Daher kann man aus ihnen durch Gärung berauschende Getränke herstellen (Birkenwein, Pulque).



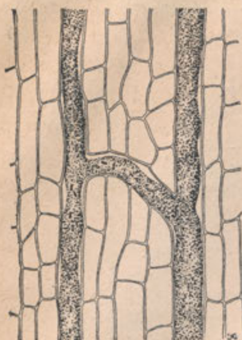
Vorrichtung zum Nachweis des Wurzeldruckes.

2. **Die Leitungsbahnen für Baustoffe.** Die Gefäßbündel des Blattes, die Blattnerven, haben wir auch als die Ableitungsbahnen derjenigen organischen Stoffe kennen gelernt, die im Blatte nicht verbraucht werden. Diese Stoffe gelangen durch den Blattstiel in den Stamm, um dann den Orten des Verbrauches zugeführt zu werden.

Die löslichen Stoffe (Kohlenhydrate, lösliche Eiweißstoffe) wandern auf osmotischem Wege leicht von einer lebenden Zelle des Stammes zur andern. Sie bedürfen daher keiner besonderen Leitungsbahn.

Anders verhält es sich dagegen mit größern Mengen fertiger Eiweißkörper, für die die Zellwände ein großes Hindernis darstellen. Sie fließen — wie wir bereits gesehen haben — in den Siebröhren des Bastes auf oder nieder. Wird ein Stamm oder Zweig in der soeben angegebenen Weise geringelt oder wird er fest umschnürt, so stauen sich Nahrungssäfte meist oberhalb dieser Stelle, so daß eine wulstige Verdickung entsteht. Diese Erscheinung ist

z. B. an Spalierbäumen, deren Zweige zu fest angebunden wurden sowie an den Stämmen der Waldbäume zu sehen, die von dem Geißblatte umwunden sind.

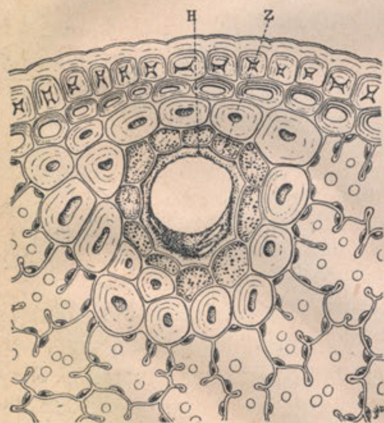


Milchröhren aus einem Blatte der Sonnenwolfsmilch. (Vergr. etwa 85mal.)

Der Milchsaft zahlreicher Pflanzen (Wolfsmilcharten, Mohn, Schellkraut, Löwenzahn u. v. a.) enthält Stärkekörner, Eiweiß und andre wertvolle Stoffe, es ist jedoch nicht sicher, ob auch die Milchröhren Leitungsbahnen für Baustoffe darstellen. Diese langgestreckten, meist vielfach verzweigten Kanäle durchziehen alle Teile der betreffenden Gewächse. — Die Bedeutung des Milchsaftes als Schutzmittel gegen Weidetiere und als Verschlußmittel von Wunden haben wir bei der Betrachtung der Sonnen-Wolfsmilch kennen gelernt.

d) Eine andere Art von Kanälen bilden die Harzgänge, wie sie sich z. B. bei den meisten Nadelhölzern finden (s. Abb. S. 83). Sie entstehen dadurch, daß Zellreihen auseinander weichen, so daß sich zusammenhängende Lücken bilden. In diese Gänge sondern die anstoßenden Zellen Harz ab, dessen Bedeutung wir bereits erkannt haben.

Nicht zu verwechseln mit dem Harze ist das Gummi, das bei Steinobstgewächsen aus verletzten Stellen hervorquillt und — wie früher erwähnt — einen vortrefflichen Wundverschluß darstellt. Es entsteht durch vollständige Auflösung der verwundeten Gewebe.



Harzgang aus einem Blatte der Kiefer. Z Zellen, die das Harz H ausscheiden. (200 mal vergr.)

3. **Die Markstrahlen als Leitungsbahnen.** Die Leitungsbahnen des Wassers und der fertigen Eiweißstoffe laufen — wie wir soeben gesehen haben — im Stamme nebeneinander her und bei den zweikeimblättrigen Pflanzen und den Nadelhölzern schiebt sich zwischen sie sogar noch eine Trennungsschicht, das Kambium, ein. Nun gebrauchen aber z. B. die wachsenden Bestandteile des Holzes Eiweiß und umgekehrt die jungen Bastteile Wasser; die sich lebhaft teilenden Kambiumzellen benötigen beider Stoffe usf. An der Außenseite des Stammes geht ferner durch Verdunstung fortgesetzt etwas Wasser verloren, das ersetzt werden muß: kurz, es müssen zwischen den Längsleitungen Querverbindungen vorhanden sein. Diese sind durch die uns bereits bekannten Markstrahlen geschaffen.

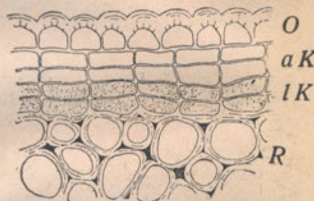
Je dicker ein Stamm wird, um so lebhafter wird auch der Transport der Stoffe von innen nach außen und umgekehrt. Hand in Hand hiermit geht dementsprechend auch eine Vermehrung der Verkehrswege: es schieben sich — wie wir gesehen haben — Nebenmarkstrahlen ein.

F. Die Bekleidung der Stämme.

1. **Die Oberhaut.** Wie das Blatt ist auch der junge Stamm von einer festen Oberhaut überkleidet. Den krautigen Stämmen einjähriger Pflanzen genügt dieses wichtige Schutzmittel vollkommen. Auch bei einigen mehrjährigen Gewächsen (Mistel, Ginster-, Kaktusarten u. a.) bleibt die Oberhaut während einer längeren Zeit oder gar das ganze Leben hindurch erhalten. Es müssen sich dann natürlich ihre Zellen durch Teilung fortgesetzt vermehren, damit das „Kleid" sich erweitern und den in die Dicke wachsenden Stämmen folgen kann. Diese Stämme (Zweige) behalten auch die grüne Färbung, die auf dem Blattgrünreichtume der obersten Rindenzellen beruht und die wir bei den meisten einjährigen Pflanzen antreffen.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der ausdauernden Gewächse dagegen besitzt die Oberhaut nicht die Fähigkeit, weiter zu wachsen: Sie wird von den dicker werdenden Stämmen bald gesprengt, so daß sie sich schließlich in Fetzen ablöst.

2. **Der Kork.** Bevor die Oberhaut verloren geht, wird aber eine neue Schutzdecke gebildet. Dies geht in der Regel so vor sich, daß die der Oberhaut anliegenden Rindenzellen sich lebhaft zu teilen beginnen. Während die innerste Schicht dieser Tochterzellen teilungsfähig bleibt, lagern die äußern Zellen Korkstoff in die Wände ein und sterben bald ab. Auf diese Weise entsteht ein fast luft- und wasserdichter Mantel abgestorbener Korkzellen, der die schützenden Aufgaben der Oberhaut in erhöhtem Maße erfüllt.



Bildung des Korkmantels. Querschnitt durch die Rinde eines jungen Erlenzweiges. Während die Oberhaut (O) noch vorhanden ist, bilden sich in der Rinde Korkzellen. Die untere Schicht dieser Zellen (l K) besteht aus lebenden, die obere (a K) aus abgestorbenen Zellen. R Rindenzellen mit stark verdickten Wänden. (Vergr. etwa 450 mal.)

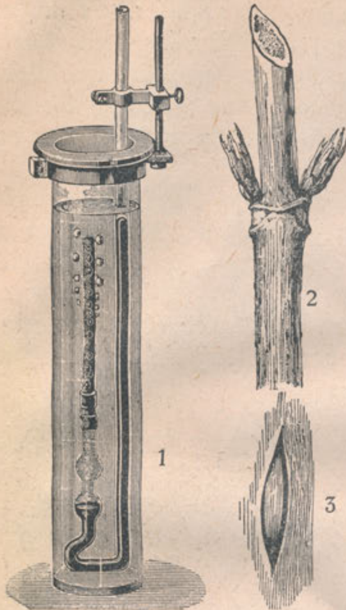
Ist die Korklage, die außen fortgesetzt abschülfert, nur dünn, so erhält der Stamm eine glatte Oberfläche, wie wir sie bei der Rot- und Weißbuche sowie beim Haselnußstrauche finden. Korkeiche und Feldulme dagegen bilden sehr dicke Korkmassen, die alljährlich um eine Schicht verstärkt werden. Die Birke besitzt eine weiße Korkhülle, die in papierdünnen Streifen abblättert.

3. **Die Borke.** Entsteht die Korkschicht nicht an der Oberfläche, sondern mitten in der Rindenschicht, so werden den nach außen zu liegenden Geweben Wasser und Nahrung entzogen. Sie gehen daher zugrunde. Diese toten Massen bilden mit der Korkschicht die Borke.

Beim Weinstocke und Kirschbaume löst sich die Borke in Form von senkrecht bzw. wagrecht abblätternden Bändern und Streifen, bei der Platane und an den Stämmen alter Kiefern als Platten, bei andern (Fichte, Apfelbaum usw.) als Schuppen los. Bevor dies aber geschieht, ist bereits eine neue Korklage tiefer im Stamme gebildet. Ein gleiches geschieht auch bei den

Bäumen, die ihre Borke als einen nach und nach dicker werdenden Mantel lange Zeit behalten. Da sich nun der Stamm immer mehr ausdehnt, werden die toten Borkenmassen gesprengt: sie erhalten Risse, wie wir dies bei alten Eichen und vielen andern Bäumen sehen.

4. **Die Rindenporen.** Die Oberhaut der Stengel enthält wie die der Blätter Spaltöffnungen. Wenn aber die Oberhaut durch einen Korkmantel ersetzt wird, verschwinden die Spaltöffnungen. Dafür wird in den Rindenporen eine neue Verbindung zwischen Innen- und Außenluft geschaffen. Die Rindenporen sind Haufen locker miteinander verbundener Zellen, deren Zwischenzellräume der Luft als Ein- und Ausgangskanäle dienen. Daß durch sie leicht ein Luftaustausch stattfinden kann, zeigt folgender Versuch: An dem kürzern Schenkel eines U-Rohres wird ein mit Rindenporen besetztes Zweigstück vom Holunder luftdicht angefügt. Nachdem dessen obere Schnittfläche mit Siegellack gleichfalls luftdicht verschlossen ist, wird der untere Teil des Rohres mit dem Zweigstücke in Wasser getaucht. Gießt man darauf Quecksilber in den längern Schenkel, so wird die im Rohre befindliche Luft in den Zweig gepreßt und entweicht durch die Rindenporen.



1 Vorrichtung zum Nachweis des Gasaustausches durch Rindenporen. 2 Einjähriger Zweig vom Holunder mit Rindenporen. 3 Einzelne Pore (10 mal vergr.).

Dort, wo diese Gebilde fehlen, wird die Durchlüftung durch die Markstrahlen vermittelt, die die Rinde bis zur Außenfläche durchsetzen (s. Abb. S. 83).

5. **Die Heilung von Wunden.** Schon durch die kleinste Wunde vermögen die Sporen der Schmarotzerpilze in den Pflanzenkörper einzudringen. Daher „suchen" die Pflanzen die Wunden alsbald zu schließen. Ein vortreffliches Mittel hierzu ist der Kork, der sich durch Teilung aller lebenden Zellen an der Wundstelle bildet. Gehen bei Bäumen die Wunden bis in das Holz, so wuchert das „Wundgewebe" so stark, daß die Verletzung bald vollkommen „überwallt" ist. — Durch das fortgesetzte Dickenwachstum werden auch Nägel, die in einen Stamm geschlagen, oder Drähte, die daran befestigt sind, von Rinde und Holz überdeckt und gleichsam in das Innere des Stammes gezogen. Dasselbe geschieht bei unsern waldbildenden Nadelhölzern mit den stehenbleibenden Aststummeln. Wird z. B. ein Fichtenstamm in Bretter zersägt, so bilden die eingewachsenen Zweigstücke die als „Astlöcher" bekannten Stellen. — Da der Verschluß größerer Wunden längere Zeit dauert, ist es vorteilhaft, solche mit einem desinfizierend wirkenden Stoffe (Teer, Holzessig) zu bestreichen.

G. Festigkeit der Stämme.

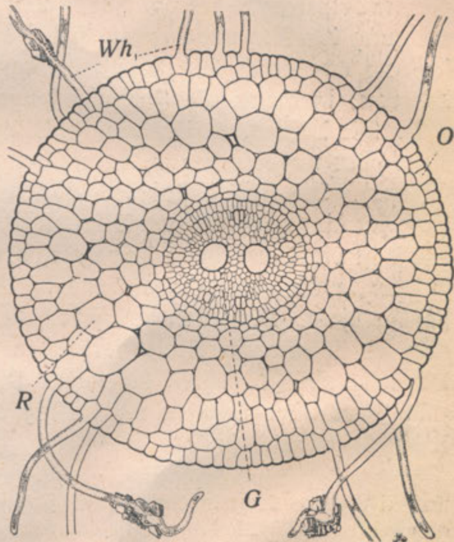
Der Turgor, der den Pflanzenteilen, wie wir früher gesehen haben, eine gewisse Festigkeit gibt, hängt vom Wassergehalt der Pflanze ab und verschwindet demnach, wenn die Pflanze mehr Wasser verdunstet, als sie durch die Wurzeln aufnehmen kann. Dementsprechend besitzen größere Pflanzen

besondere Bestandteile, denen die Herstellung der notwendigen Festigkeit übertragen ist.



Querschnitt durch den Stamm des Pfeifenkrautes. R Festigungsring außerhalb der Gefäßbündel. B Bast- und H Holzteil der Gefäßbündel. K Kambium.

Solche „Gerüstteile" sind die Holz- und Bastfasern mit ihren stark verdickten Wänden. Ähnliche dickwandige und langgestreckte Zellen kommen auch außerhalb der Gefäßbündel vor, sie bilden z. B. beim Pfeifenkraut einen Ring, der die Gefäßbündel umgibt. Alle diese faserförmigen Bestandteile des Pflanzenkörpers besitzen ein außerordentliches Tragvermögen (wie gutes Schmiedeeisen!) und größte Dehnbarkeit. Fast ebensolche Festigkeit haben z. B. die Zellen, die die Eckpfeiler des Taubnesselstengels aufbauen. Sie sind von rundlicher Form und nur an den Kanten stark verdickt. Endlich gibt es als Gerüstteile noch rundliche Zellen mit gleichmäßig verdickten Wänden, z. B. im Fruchtfleisch der Birne.



Querschnitt durch eine junge Wurzel der Gerste; 75mal vergr. O Oberhaut; Wh Wurzelhaare; R Rinde; G der durch die Vereinigung der Gefäßbündel gebildete feste Strang. (Die weitesten Bestandteile in ihm sind Gefäße.)

Dieses Material ist im Pflanzenkörper immer so verwendet, daß ein Baumeister nicht zweckmäßiger verfahren könnte, der mit der geringsten Menge des Materials die größte Leistung zu erreichen sucht. Bei den Stämmen, die Trag- und Biegungsfestigkeit besitzen müssen, ist in der äußersten Schicht das festeste Baumaterial verwendet. Im einzelnen außerordentlich verschieden, zeigt der Bau der Stengel doch stets eine unvergleichliche Vollkommenheit. — Die Wurzeln haben wie die Ankertaue eines Schiffes einen gewaltigen Zug auszuhalten. Sie sind dementsprechend zugfest „konstruiert". Im Gegensatz zu den biegungsfest gebauten Stämmen, bei denen meist die Gefäßbündel in einem Kreise nahe der Außenfläche angeordnet sind, ist bei ihnen nur je ein einziges aber starkes Gefäßbündel vorhanden. Dieses durchzieht die Wurzel der Länge nach wie ein Seil. Auch bei anderen Pflanzenteilen, die einen heftigen Zug auszuhalten haben, sind die zugfesten Gerüstteile mehr oder weniger in der Mitte zusammengedrängt.

IV. Die Vermehrung der Pflanzen.

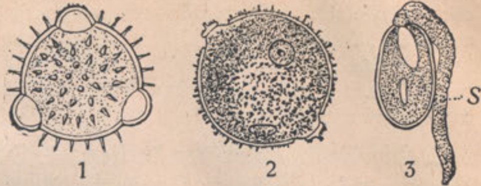
A. **Die Arten der Fortpflanzung.** Wie bei den „Grundbegriffen“ schon festgestellt wurde, unterscheidet man die geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung tritt die Verschmelzung zweier, in der Regel verschiedenartiger Zellen ein, wodurch die Entwicklung einer neuen Pflanze bedingt wird. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung lösen sich Teile der Pflanze von der Mutterpflanze los und bilden sich zu neuen Pflanzen aus. Im Gegensatz zum Tierreich ist die ungeschlechtliche (vegetative) Vermehrung auch bei den höheren Formen der Pflanzenwelt weit verbreitet (Vermehrung durch Brutknollen, Knollen, Rhizome, Brutzwiebeln, Ausläufer, Senker und Stecklinge; vgl. auch das Veredeln durch Pfropfen, Okulieren und Kopulieren!). Vielfach wechseln geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung regelmäßig miteinander ab, wie z. B. der Generationswechsel der Farne und Moose zeigt. Die geschlechtliche Vermehrung der Kryptogamen ist bei den einzelnen Gruppen ausführlich geschildert worden (vgl. daselbst), bei den Phanerogamen erfolgt sie in den Blüten, in denen als Fortpflanzungskörper die Samen gebildet werden.

B. **Die Blüten.** 1. Vollständige Blüten bestehen aus vier Blattkreisen; fehlt einer oder mehrere davon, dann bezeichnet man die Blüte als unvollständig (Gräser). Die beiden äußeren Blattkreise bilden bekanntlich ein schützendes Dach für die zarten inneren Blütenteile, sie heißen darnach „Blütenhüllen“. Meist ist die Blütenhülle doppelt, d. h. in Kelch und Blumenkrone geschieden, wobei die Blumenkrone in der Regel noch der Anlockung der Bestäuber dient. Bisweilen sind jedoch beide Kreise von gleicher Beschaffenheit oder es ist nur ein Kreis vorhanden (einfache Blütenhülle oder Perigon). Die Blütenhüllen führen bei vielen Pflanzen (z. B. Tulpe, Scharbockskraut) zum Zwecke des Schutzes regelmäßig wiederkehrende Bewegungen aus: die Blüte öffnet und schließt sich.

Da das Öffnen und Schließen zu ganz bestimmten Zeiten des Tages stattfindet (Zichorie), muß hierbei das Licht im Spiele sein. Zahlreiche Blüten (Tulpe, Scharbockskraut) bleiben aber bei kaltem Wetter den ganzen Tag über geschlossen. Werden sie jedoch in ein warmes Zimmer gebracht, so öffnen sie sich alsbald, ein Zeichen, daß auf sie auch die Wärme einen wichtigen Einfluß ausübt.

Welcher Art ist aber dieser Einfluß? Wie sich z. B. an der Tulpe durch regelmäßig zu wiederholende Messungen nachweisen läßt, sind ihre Blumenblätter in einem fortgesetzten Wachstume begriffen. Sobald dies aber beendet ist, finden auch keine Schließbewegungen mehr statt. Diese Tatsache läßt schon erkennen, daß beide Erscheinungen in innigem Zusammenhange stehen. Die Blumenblätter der Tulpe und jener andern Pflanzen besitzen nämlich die Eigentümlichkeit, durch Licht- und Wärmeschwankungen so beeinflußt zu werden, daß ihre verschiedenen Seiten ungleichmäßig wachsen. Bei Abnahme des Lichtes und der Wärme — in der Regel also mit Beginn des Abends — wachsen die Blätter an der Unterseite mehr als an der Oberseite. Infolgedessen bewegen sie sich aufwärts: die Blüte schließt sich. Findet der umgekehrte Vorgang statt, so öffnet sich die Blüte. — Auf dieselbe Weise geht auch das Schließen und Öffnen der Blütenköpfe zahlreicher Korbblütler vor sich (Löwenzahn, Gänseblümchen u. a.).

2. Der **Staubbeutel** der Staubgefäße besteht, wie schon in den „Grundbegriffen" besprochen wurde, in der Regel wieder aus zwei Staubbeutelfächern, die durch einen Fortsatz des Staubfadens, das **Mittelband**, zusammengehalten werden. Jedes Fach enthält zwei Hohlräume, in denen durch wiederholte Zellteilung der **Blütenstaub** oder **Pollen** entsteht. Zur Entlassung des Blütenstaubes öffnen sich beide Hohlräume meist durch einen gemeinsamen Längsriß, seltener durch Löcher (Kartoffel, Heidekraut) oder durch Klappen (Sauerdorn).



Blütenstaubkörner: 1 von der Sonnenblume (Vergr. etwa 450 mal); 2 vom Kürbis, mit deckelartigen Bildungen der Außenhaut (Vergr. etwa 240 mal); 3 von der Narzisse, einen Keimschlauch (S) treibend (Vergr. etwa 200 mal).

Die **Blütenstaubkörner** geben sich unter dem Mikroskop als einzellige Gebilde von sehr verschiedener Form, Farbe und Größe zu erkennen. Außer von einer zarten Innenhaut sind sie noch von einer festen Außenhaut umgeben, die als Schutzmittel gegen Verletzung und Wasserverlust (Vertrocknen!) dient.

Bringen wir Blütenstaubkörnchen in Wasser, so saugen sie gewöhnlich sofort so viel davon ein, daß sie stark anschwellen und platzen. Dasselbe geschieht natürlich auch, wenn sie durch Regen oder Tau befeuchtet werden. Daher sind die Einrichtungen, durch die sie gegen Befeuchtung geschützt sind, für sie von großer Wichtigkeit.

Zahlreiche Blüten sind wagrecht gestellt, hängend oder schräg nach unten geneigt (Königskerze, Glockenblume, Kartoffel u. a.); ein Blütenteil ist zum Schutzdache umgeformt (Lippenblütler, Knabenkrautgewächse u. a.); Hüllblätter oder gar Laubblätter übernehmen den Schutz (Aronstab u. a., Linde); die Blütenröhre ist sehr eng, oft noch durch Schuppen oder Haare versperrt (Vergißmeinnicht, Ehrenpreis); die Blüten oder Blütenstände schließen sich abends und bei Eintritt ungünstiger Witterung (Scharbockskraut, Löwenzahn) oder sie werden nickend (Erdbeere, Möhre) oder es tritt beides zugleich ein (Windröschen, Wiesenschaumkraut); die geöffneten Staubbeutel schließen sich nachts oder bei feuchtem Wetter (Wegerich) usw.

Legen wir Blütenstaubkörnchen in wenig Wasser, dem etwas Zucker und Gelatine zugesetzt sind, so platzen sie nicht. Ihr Inhalt aber stülpt sich, von der zarten Innenhaut umgeben, nach außen und wächst wie bei den keimenden Sporen zu einem langen **Keimschlauche** (Pollenschlauche) heran, dessen Bedeutung wir später kennen lernen werden.



Fruchtblatt vom Rittersporn. 1 normal ausgebildet, 2 mißgebildet.

3. Die **Fruchtblätter** lassen ihre Blattnatur oft noch recht deutlich erkennen: In zahlreichen Blüten (Rittersporn u. a.) sehen sie fast wie kleine Laubblätter aus und in mißgebildeten Blüten kann man nicht selten einen Rückschlag zu wirklichen Laubblättern beobachten. Bei den Gymnospermen hat das Fruchtblatt seine ursprüngliche Blattgestalt bewahrt; bei allen andern Blütenpflanzen dagegen hat es sich allein oder mit andern gleichen Blättern zum

Stempel umgebildet. Der untere Teil des Stempels, der Fruchtknoten, ist ein Behälter für die Samenanlagen oder Samenknospen. Je nach der Zahl der Fruchtblätter, die ihn bilden, und je nach der Art ihrer Verwachsung ist der innere Bau des Fruchtknotens sehr verschieden.

Nach oben setzt sich der Fruchtknoten meist in einen stielartigen Teil, den Griffel, fort, der in der Narbe endigt. Ist nur ein Fruchtblatt vorhanden oder sind die Fruchtblätter im oberen Teile völlig miteinander verschmolzen, so tritt auch nur ein Griffel mit einer Narbe auf (Erbse, Schlüsselblume). Ist die Verwachsung der Fruchtblätter dagegen auf den Fruchtknoten beschränkt, so sind mehrere Griffel mit ebenso vielen Narben vorhanden (Nelkengewächse u. a.). Wie bereits angedeutet, fehlt bei mehreren Pflanzen (Mohn, Tulpe u. a.) der Griffel gänzlich.

C. **Die Bestäubung der Blüten.** 1. Schneidet man z. B. aus Tulpenblüten die Staubblätter, bevor sich deren Beutel geöffnet haben, heraus und umwickelt man die Blüten dann (um die Insekten abzuhalten!) mit engmaschiger Gaze, so bleiben sie unfruchtbar. Überträgt man jedoch auf die Narben andrer, aber ebenso behandelter Blüten Blütenstaub, der aus andern Tulpenblüten stammt, so tritt in den meisten Fällen Samenbildung ein. Genau so bringen die meisten Pflanzen nur dann Samen hervor, wenn auf ihre Narben fertiger Blütenstaub von einer Pflanze derselben Art gelangt, d. h. also wenn sie bestäubt werden. Es gibt allerdings auch Ausnahmen; beim Löwenzahn, zahlreichen Habichtskräutern, beim Frauenmantel, Bingelkraut u. a. entwickeln sich auch ohne Bestäubung bzw. Befruchtung aus dem Fruchtknoten wohl ausgebildete und keimfähige Früchte.

2. Auf ganz ähnliche Weise läßt sich auch dartun und ist von Naturforschern vielfach aufs sorgfältigste festgestellt worden, daß bei der Bestäubung einer Blüte mit ihrem eignen Blütenstaube oder kurz: bei Selbstbestäubung vielfach keine oder nur schwächliche Samen entstehen. Stammt der Blütenstaub dagegen von andern Blüten derselben Pflanze oder noch besser einer zweiten Pflanze derselben Art, erfolgt also Fremdbestäubung, so bilden sich zahlreiche und kräftige Samen.

Es gibt allerdings gewisse Blüten, z. B. die sog. Sommerblüten des Veilchens und der stengelumfassenden Taubnessel, die, weil sie sich nicht öffnen, auf Selbstbestäubung angewiesen sind. Auch bei zahlreichen Pflanzen mit offenen Blüten tritt, wie wir gesehen haben (s. z. B. Sonnenblume), dieser Vorgang ein, wenn die Belegung der Narbe mit fremdem Staube aus irgend einem Grunde (Kälte, Mangel an Besuchern u. dgl.) unterblieben ist, und endlich haben wir in der Erbse und der kleinblütigen Form des Stiefmütterchens auch Pflanzen kennen gelernt, die sich fortgesetzt nur selbst bestäuben. In der Regel aber ist die Fremdbestäubung für die Fruchtbildung am vorteilhaftesten. Gewisse Pflanzen (z. B. Roggen) bleiben bei der Selbstbestäubung sogar vollkommen unfruchtbar. Die Belegung der Narbe durch fremden Blütenstaub wird nun durch sehr verschiedene Mittel gesichert:

a) Staubblätter und Stempel sind auf verschiedene Blüten verteilt; die Pflanzen sind also ein- oder zweihäusig (Haselnußstrauch, Salweide u. a.).

b) Bei Blüten, die Staubblätter und Stempel enthalten, also sog. Zwitterblüten darstellen, wird Selbstbestäubung vermieden, wenn Staubblätter und Stempel nicht zu gleicher Zeit „reifen". Meist (Glockenblume, Sonnenblume u. a.) öffnen sich die Staubbeutel bereits, wenn die Narben noch vollkommen unentwickelt sind („vorstäubende" Blüten). Der

umgekehrte Fall („nachstäubende" Blüten) tritt seltener ein (Sonnen-Wolfsmilch, Wegerich, Osterluzei, Aronstab u. a.).

c) Reifen in Zwitterblüten Staubbeutel und Narben zu gleicher Zeit, so ist Selbstbestäubung vielfach ausgeschlossen oder doch stark behindert, weil die beiden Blütenteile so gestellt sind, daß sie sich nicht berühren können (Wiesensalbei, Orchis, Schwertlilie u. a.).

d) Zu demselben Ziele führt auch die Verschiedengriffllichkeit oder Heterostylie, die wir bei Schlüsselblume, Wasserfeder, Lungenkraut und Weiderich fanden.

3. Die Fremdbestäubung wird bekanntlich meist durch Insekten oder durch den Wind vermittelt. In selteneren Fällen leistet auch das Wasser diesen Dienst oder die Übertragung des Blütenstaubes erfolgt wie bei mehreren Tropenpflanzen durch Vögel, die die Blüten der Nahrung wegen (Insekten oder Honig) besuchen. Wie die Blüten der verschiedenartigen Bestäubung in ihren Einrichtungen angepaßt sind, ist schon früher besonders für Insekten- und Windblütler eingehend besprochen worden. Es sollen deshalb hier nur die Hauptpunkte nochmals kurz zusammengefaßt werden:

a) **Insektenblütler.** Sie bieten ihren Bestäubern Nahrung: einen süßen Saft (Nektar) und Blütenstaub. Der Honigsaft wird von Honigdrüsen (Nektarien) abgeschieden und mehrfach in besonderen Behältern, Safthaltern, aufbewahrt (Veilchen, Leinkraut u. a.). Bei gewissen Pflanzen (Knabenkraut) muß er von den Besuchern erst erbohrt werden. Honig- oder Saftmale zeigen den Gästen vielleicht den Weg zum Honig. — Außer Honig liefern zahlreiche Blüten den Insekten Blütenstaub. Manche Blüten besitzen überhaupt keinen Honig, dafür aber um so zahlreichere Staubblätter (Mohn, Rose). Auch andre zarte Blütenteile werden mehrfach von den Insekten verzehrt. — Die Pollenkörner sind in der Regel an ihrer Oberfläche klebrig und vielfach mit Stacheln oder Warzen bedeckt. — Blüten, die die Form großer, hängender Glocken haben, gewähren ihren Besuchern Schutz gegen Kälte und Nässe (Glockenblume, Fingerhut u. a.). Bei Osterluzei und Aronstab werden die Insekten im Blütengrunde längere Zeit gefangen gehalten (Kesselfallenblumen).

Zur „Anlockung" der Insekten sind die Blüten in Stellung und Farbe meist auffällig. Die „Lockfarben" sind in der Regel den Blumenblättern eigen, bisweilen übernimmt aber der bunt gefärbte Kelch die Aufgabe der Blumenkrone (Heidekraut u. a.). Seltner sind Blumen- und Kelchblätter zugleich durch Buntfärbung ausgezeichnet (Rittersporn). In Ausnahmefällen werden die Staubblätter (Salweide) oder gar die Deckblätter der Blüte (Hain-Wachtelweizen) in den Dienst der Anlockung gestellt. Blüten, die durch Nachtschmetterlinge bestäubt werden, haben eine helle Färbung, die in der Dämmerung noch bemerkbar ist (Waldgeißblatt). — Kleine Blüten sind in der Regel zu Blumengemeinschaften oder Blütenständen vereinigt, die durch verschiedene Farben vielfach um so auffälliger werden (Korbblütler). Vergrößerte Randblüten, die bisweilen nur „Schaublüten", also unfruchtbar sind, oder andere Teile erhöhen die Auffälligkeit. — Auf viel weitere Entfernung als die Farbe wirkt der Duft als Anlockungsmittel. Bienen, Hummeln und Schmetterlinge lieben Düfte, die auch uns angenehm sind. Blüten, die besonders von Fliegen bestäubt werden, haben dagegen oft einen sehr unangenehmen Geruch (Weißdorn, Efeu, Aronstab). Am deutlichsten ist diese Erscheinung an den ekelhaft riechenden Aasblumen (Stapelia) zu beobachten.



Aasblume.

Tiere, die keine Bestäubung der Blüten herbeiführen können, aber trotzdem Honig und Blütenstaub verzehren oder wohl gar die ganze Blüte zerstören, werden von der Pflanze vielfach abgehalten. Diesem Zwecke dient die Ausscheidung von Klebstoffen am Stengel (Pechnelke), die Ausbildung von Wasserbecken durch die Blätter (Kardendistel) und die Ausrüstung mit stechenden Borsten oder Stacheln. Auch kann der Rand hängender Blüten (Glockenblume) durch kletternde Insekten nicht überwunden werden. Ferner sind bisweilen Blüten oder Blütenstände von festen Hüllen umgeben, die von den Insekten nicht durchbissen werden können. Der Honig ist oft in langen, engen Kanälen geborgen (Leinkraut), oder er ist verdeckt (Taubnessel, Glockenblume), also kleinen Tieren unzugänglich. Bei manchen Pflanzen wird außerhalb der Blüte Honig abgeschieden (Zaunwicke). Die hierdurch angelockten Ameisen bilden vielleicht eine „Schutzgarde" gegen Insekten, die der Pflanze schaden.

b) **Windblütler.** Die Blüten sind unscheinbar, ohne Duft und Honig. Die Staubgefäße sind dem Winde frei ausgesetzt. Entweder ist die ganze Pflanze (Gräser), oder der Blütenstand (Kätzchen, Rispen), oder das einzelne Staubblatt (Gräser) leicht vom Winde zu bewegen. Bei den Nesseln wird der Blütenstaub durch plötzliches Aufspringen der Staubbeutel in die Luft geschleudert. — Windblütige Pflanzen kommen gewöhnlich in großen Beständen vor. Sie erzeugen sehr viel Blütenstaub; die Pollenkörner sind trocken, klein und glatt. Bei zahlreichen Nadelbäumen (Kiefer) sind sie noch mit besonderen Flugeinrichtungen versehen. — Die Narben stehen frei, sind zumeist sehr groß und stellen oft federartige Gebilde (viele Gräser) dar.

D. **Die Befruchtung der Blüte.** Die bloße Berührung der Narbe mit dem Blütenstaub genügt zur Hervorbringung von Samen noch nicht. Die Bestäubung ist erst die Einleitung zu höchst wunderbaren Vorgängen, die sich im Stempel abspielen.

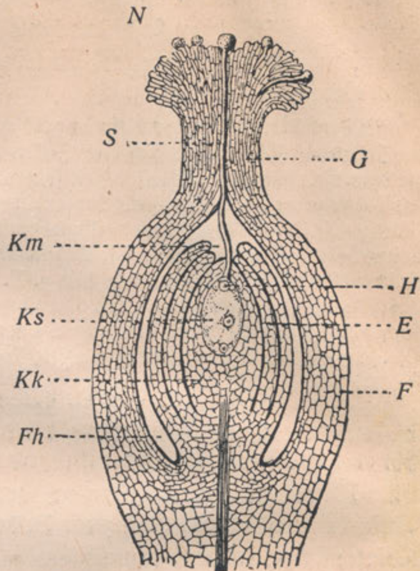
1. Samenknospe. Um diese Vorgänge zu verstehen, müssen wir zuerst den Bau der Samenknospen oder Samenanlagen kennen lernen. Diese überaus zarten Gebilde gehen in der Regel aus Randteilen der Fruchtblätter hervor und finden sich dementsprechend, auf kurzen Stielchen sitzend, in dem Fruchtknoten zumeist an den Verwachsungsstellen der Fruchtblätter oder an den Scheidewänden, die von diesen Blättern gebildet werden. Auch dem Blütenboden oder dem Säulchen, das von ihm in den Hohlraum des Fruchtknotens ragt, können sie angeheftet sein (Schlüsselblume u. a.).

Den inneren Bau der zarten Gebilde enthüllt uns das Mikroskop, wenn wir dünne Schnitte durch einen Fruchtknoten betrachten. Wir erblicken in der Mitte einen eiförmigen Körper, den Knospenkern, der bis auf eine Stelle, den Knospenmund, von (meist) zwei becherartigen Hüllen bedeckt ist. Unter den Zellen des Knospenkernes fällt eine durch besondere Größe auf, die man als Keimsack bezeichnet. Indem der Kern dieser Zelle in mehrere Stücke zerfällt und indem die einzelnen Teilstücke von Protoplasma umlagert werden, bilden sich im Keimsacke mehrere kleine Zellen. Unter diesen Zellen hat wieder eine, die in der Nähe des Knospenmundes liegt, eine besondre Bedeutung: sie wird Eizelle genannt, weil von ihr die Bildung der neuen Pflanze ihren Ausgang nimmt.

Die Entwicklung der Eizelle zur jungen Pflanze tritt jedoch (von Ausnahmen abgesehen; s. S. 92) nicht von selbst ein, sondern nur dann, wenn Teile eines Blütenstaubkorns in sie einwandern. Wie ist dies aber möglich, da ja bei der

großen Mehrzahl der Samenpflanzen, den bedecktsamigen Gewächsen, die Samenknospen im Fruchtknoten eingeschlossen sind?

2. Befruchtung. Das Blütenstaubkorn, das auf die Narbe gelangt, stellt für die Pflanze ein wertvolles Gut dar, das sorgsam festgehalten wird. Dieser Aufgabe dienen die Wärzchen oder Härchen, die der Narbe meist ein samtartiges Aussehen verleihen, sowie die klebrige Flüssigkeit, die von der Narbenoberfläche ausgeschieden wird.



Befruchtung der Blüte (schematisch). In dem Fruchtknoten (F) findet sich eine aufrechtstehende Samenknospe, die fast den ganzen Hohlraum (Fh) einnimmt. An der Samenknospe erkennen wir den Knospenkern (Kk), dessen Hüllen (H) und den Knospenmund (Km). Der Knospenkern schließt den Keimsack (Ks) mit der Eizelle (E) ein. Auf der Narbe (N) mehrere Blütenstaubkörnchen, die zum Teil einen Keimschlauch getrieben haben. Der Keimschlauch (S) des in der Mitte liegenden Kornes hat den Griffel (G) durchwachsen und dringt soeben in den Keimsack ein.

Wenn das Blütenstaubkorn von der Narbenfeuchtigkeit benetzt wird, beginnt es — genau wie in dem früher angestellten Versuche (s. S. 91) — sogleich oder nach einiger Zeit zu schwellen und einen Keimschlauch zu treiben. Dieser Schlauch durchwächst wie ein Pilzfaden das lockere Gewebe des Griffels, dringt in die Höhle des Fruchtknotens ein und gelangt durch den Knospenmund in den Knospenkern der Samenanlage. Indem nun ein Teil vom Inhalte des Keimschlauches (also des Blütenstaubkornes!) in die Eizelle übertritt, wird diese befruchtet, d. h. befähigt, sich zu einer jungen Pflanze zu entwickeln.

Bei den nacktsamigen Pflanzen sind die frei auf den Fruchtblättern liegenden Samenknospen etwas abweichend gebaut. Die Blütenstaubkörner rollen, wie wir bei der Betrachtung der Kiefer gesehen haben, zwischen zwei Fortsätze der Hülle, also in den Knospenmund, woselbst sie von einem Flüssigkeitstropfen festgehalten werden und je einen Keimschlauch treiben.

E. **Die Frucht und der Samen.** Während nach erfolgter Befruchtung die Staubblätter, die Blumenkrone und meist auch der Kelch vertrocknen und abfallen, vergrößert sich der Fruchtknoten fortgesetzt: Er entwickelt sich zur Frucht, in der die zarten Samenanlagen, wohl geborgen gegen nachteilige Einflüsse von außen, zu Samen heranreifen. Die Fruchtknotenwand bildet sich zur Fruchthülle oder Fruchtschale aus.

1. Entstehung des Samens. Mit der Entwicklung der Frucht vollzieht sich gleichzeitig die Ausbildung der Samenknospe zum Samen. Nach der Be-

fruchtung beginnt die Eizelle sich alsbald lebhaft zu teilen. Sie wächst im Laufe der Zeit zu dem Keime heran, der — wie wir an der Bohne und dem Roggenkorne gesehen haben — aus einem kleinen Stengel, einem Würzelchen, ein oder zwei Keimblättern und einer Knospe besteht: also alle Teile einer jungen Pflanze erkennen läßt. — Da die Anzahl der Keimblätter bei den bedecktsamigen Pflanzen fast durchaus feststeht, so bilden deren beide Hauptabteilungen, die zweikeim- und einkeimblättrigen Pflanzen, vollkommen natürliche Gruppen.

Mit dem Wachstume des Keimes geht auch in dem Keimsacke eine lebhafte Vermehrung der Zellen vor sich. Indem sich diese Zellen mit Stoffen füllen (Eiweiß, Stärke, Fett u. dgl.), die dem Keimlinge in der ersten Zeit seines Wachstums zur Nahrung dienen sollen, entsteht das Nährgewebe, das auch als Sameneiweiß (Endosperm) bezeichnet wird. Bei zahlreichen Pflanzen (z. B. bei den Schmetterlings- und Kreuzblütlern) wird das Nährgewebe von dem Keime bald wieder verdrängt. Die Nährstoffe finden sich dann in den mächtig angeschwollenen Keimblättern eingelagert, wie dies z. B. die Bohne deutlich zeigt.

Während sich die geschilderten Vorgänge abspielen, bilden sich die zarten Hüllen der Samenknospe zur Samenhülle oder Samenschale aus. Löst sich der reife Same von dem Stielchen ab, von dem er getragen wird, so bleibt an der Samenschale ein matter Fleck, der sog. Nabel, zurück.

Bei gewissen Pflanzen entsteht aus dem Teile der Samenknospe, der dem Knospenmunde entgegengesetzt ist, eine saftige Hülle, der Samenmantel (Pfaffenhütchen, Eibe, Muskatnuß) oder ein kleiner, fleischiger Anhang (Veilchen, Schellkraut u. a.).

2. Würden die reifen Samen, deren Anzahl oft Tausende beträgt (Distel, Königskerze u. a.), einfach zum Boden herabfallen und dort im Bereiche der Mutterpflanze keimen, so müßten die jungen Pflänzchen einander Raum, Luft und Nahrung streitig machen und sich gegenseitig vernichten. Es ist für die Pflanze daher von Wichtigkeit, daß die Samen über einen möglichst großen Bezirk ausgestreut werden. Während ein junges, ausgebildetes Pflänzchen eine solche Wanderschaft unmöglich unternehmen könnte, ist der Keimling hierzu wohl imstande. Er ist von einer festen Samenschale umhüllt, gleichsam also wohl verpackt sowie gegen Trockenheit und Winterkälte vollkommen unempfindlich. Da im Wasser aufgequollene Samen, die man der Kälte aussetzt, meist zugrunde gehen, ungequollene dagegen nicht, ist leicht zu erkennen, daß die Wasserarmut des Samens vorteilhaft, ja notwendig ist, um den Keimling gegen Kälte zu schützen. Dementsprechend gibt der Keim, wenn er sich im Samen vollkommen entwickelt hat, mit dem Aufhören des Wachstums den größten Teil seines Wassers ab. So kommen alle Lebenstätigkeiten oft jahrelang gänzlich zum Stillstande. Bedenken wir noch, daß die Pflanze ihren wandernden „Kindern" einen Nahrungsvorrat mit auf den Weg gibt, so erscheint uns das unscheinbare Samenkorn als ein wahres Wunderwerk der Natur.

Viele Samen beendigen ihre Wanderung allerdings an einem Orte, der für ihre Entwicklung durchaus ungeeignet ist: Ihre Keimpflänzchen finden hier weder einen Boden, der ihnen zusagt, noch die nötige Menge von Wasser, Licht und Wärme und nicht lange währt es, so sind Tausende und Abertausende der zarten Gebilde von Nachbarpflanzen überwuchert und getötet worden. Da die Pflanzen aber zumeist alljährlich große Mengen von Samen

hervorbringen, ist die Erhaltung ihrer Art in der Regel durch lange Zeiträume hindurch gesichert.

3. Erstes Erfordernis für eine erfolgreiche Wanderung ist, daß die Samen aus der Frucht befreit werden. Dies geschieht je nach der Art der Früchte auf sehr verschiedene Weise:

Einsamige Trockenfrüchte öffnen sich in der Regel nicht, der Samen bleibt auf seiner Wanderung von der schützenden Fruchtschale umschlossen. Zu diesen Schließfrüchten gehören auch die Nüsse, ferner die Grasfrüchte oder Karyopsen der Gräser sowie die Achänen der Korbblütler. Auch bei mehrsamigen Trockenfrüchten kann die Fruchtschale geschlossen bleiben, wenn sie bei der Reife in zwei oder mehrere Teile zerfallen, die je einen Samen enthalten und sich daher genau wie Schließfrüchte verhalten: Spaltfrüchte. Die bei weitem meisten mehrsamigen Trockenfrüchte springen dagegen auf und entlassen auf diese Weise die Samen. Diese Kapselfrüchte öffnen sich durch Klappen, Löcher oder Deckel, besondere Formen von Kapseln sind die Balgfrucht, die Hülse und die Schote. — Die saftigen Früchte sind zumeist mehr- bis vielsamig. Sie öffnen sich aber nicht von selbst, ihre Samen können vielmehr nur durch Vermittlung gewisser Tiere, denen das saftige Fruchtfleisch zur Nahrung dient, oder durch Fäulnis der Fruchthülle ins Freie gelangen. Dies gilt auch von den saftigen Sammel- und Scheinfrüchten.

4. Die Verbreitung der Samen. Die aus der Frucht befreiten Samen werden — wie wir oben gesehen haben — zumeist über einen weiten Bezirk verstreut. Auch hier gibt es zahlreiche Möglichkeiten:

a) Die Samen werden mit Gewalt aus den Früchten geschleudert (Veilchen, Reiherschnabel, Besenginster u. a.).

b) Fließendes oder strömendes Wasser besorgt die Verbreitung der Samen oder Früchte. Flüsse oder Bäche führen, besonders wenn sie aus ihren Ufern treten, zahlreiche Samen und Früchte mit fort, die an oft weit entfernten Orten wieder landen (Gebirgspflanzen in der Ebene). Ein Gleiches wird an Meeresströmungen beobachtet.

Beim Mauerpfeffer öffnen sich die Früchte nur bei Regenwetter, so daß die Samen leicht in Ritzen und Lücken des Bodens gespült werden, und bei zahlreichen Wasser- und Sumpfpflanzen (Seerose, Wasserschwertlilie u. a.) treffen wir schwimmfähige Samen an.

c) Der Wind verweht Samen oder Früchte (Schließfrüchte oder Teile von Spaltfrüchten, ausnahmsweise auch ganze Fruchtstände). Die für diese Arten der Verbreitung geschaffenen Einrichtungen sind außerordentlich mannigfaltig:

Die Samen werden durch den Wind aus den geöffneten Früchten geschleudert. Die Stengel oder Fruchtstiele dieser Pflanzen sind feste und elastische Gebilde. Die ganze Einrichtung stellt also eine Schleuder einfachster Art dar (Mohn, Schlüsselblume u. v. a.). — Die Samen sind (gleich den Sporen!) staubförmig klein (Knabenkraut). — Die schwimmfähigen Samen und Früchte werden auf stehenden Gewässern durch den Wind wie Schiffe fortgetrieben. — Die Samen und Früchte sind mit verschiedenartigen Haarbildungen ausgerüstet. Diese können aus der Blütenhülle (Wollgras) oder aus dem Griffel (Kuhschelle) hervorgehen, finden sich aber meist an den Früchten (Löwenzahn u. a.) oder an den Samen selbst (Weide, Baumwolle u. a.). — Die Samen, Früchte oder Fruchtstände besitzen Flugeinrichtungen anderer Art, z. B. Flügel, die sich aus dem Hüllblatte (Fruchtstände der Linde), aus dem Kelche (Grasnelke) oder aus der Blumenkrone (Wiesenklee) entwickeln. Sie entspringen an der Frucht (Ahorn) oder haften dem Samen an (Kiefer).

d) Die Verbreitung der Samen und Früchte erfolgt durch Tiere und Menschen:

In anhaftenden Erd- und Schlammteilchen (Wasserpflanzen) werden Samen und Früchte an den Füßen zahlreicher Tiere, besonders der Wasservögel, sowie des Menschen verschleppt. Durch menschliche Verkehrsmittel findet fortgesetzt eine beabsichtigte (Kulturpflanzen) oder unbeabsichtigte Verbreitung statt. In Hafenorten, an Eisenbahndämmen

u. dgl. siedeln sich vielfach ausländische Pflanzen an. — Die Pflanzen bilden Vorrichtungen aus, durch die ihre Samen oder Früchte Tieren (Menschen) angeheftet werden. Dieses Anhaften geschieht entweder durch Klebstoffe (Mistel) oder durch hakige bezw. mit Widerhaken besetzte Borsten (Klette, Zweizahn). Solche Hakenborsten können sich am Deckblatte (Granne vieler Gräser), am Blütenboden (Odermennig), am Hüllkelche (Klette), am Griffel (gem. Nelkenwurz) oder an der Fruchthülle (zahlreiche Doldenpflanzen) finden. — Tiere, namentlich Vögel, werden zu Verbreitern der Pflanzen, indem sie die saftigen, fleischigen Frucht- oder Samenteile verzehren. Durch auffallende Färbung oder angenehmen Duft der Früchte oder durch beide Mittel zugleich werden die Verbreiter vielfach angelockt. Da die Samen durch feste Hüllen (Samenhülle oder bei den Steinfrüchten innere Schicht der Fruchthülle) geschützt sind, werden sie von den Verdauungssäften der Tiere nicht zerstört. (Pflanzen, die nicht auf die Verbreitung durch Tiere angewiesen sind, besitzen niemals saftige Früchte.)

Die genießbaren Teile werden geliefert von der Achse und den Deckblättern des Blütenstandes (Ananas), vom Blütenboden (Apfelfrucht, Erdbeere, Hagebutte, Feige), von der Blütenhülle (Maulbeere), von der Fruchthülle (Steinfrüchte, Beeren), vom Samenmantel (Pfaffenhütchen, Muskatnuß, Eibe), vom Samenanhange (Veilchen, Schellkraut u. a.). — Haselnuß, Buchecker, Eichel, Walnuß u. a. werden durch Tiere verschleppt, denen die wohlschmeckenden Kerne zur Nahrung dienen.

5. Wie entwickelt sich aus dem Samen die junge Pflanze? Hat der Samen seine Wanderung beendet und findet er an dem Orte, an den ihn der Zufall getragen hat, die nötige Feuchtigkeit, Wärme und Luft (Sauerstoff zur Atmung!), so erwacht er aus dem Ruhezustande: er beginnt zu keimen. Wie dies im einzelnen vor sich geht, haben wir bei der Bohne und dem Roggenkorne eingehend verfolgt. Dabei ist es für den Samen von größter Wichtigkeit, daß er am Boden fest verankert wird. Dies wird durch die verschiedensten Mittel erreicht. Z. B. bohren sich die Früchte des Reiherschnabels in die Erde ein, die Keimlinge der Mangrovebäume dagegen dringen wie zugespitzte Pfähle in den schlammigen Untergrund ein. Viele Samen rollen infolge ihrer Form und Kleinheit in jede Bodenritze. Bei andern verklebt die Samen- oder Fruchthülle durch einen zähen Schleim (Lein, Wegerich) oder durch anhaftende Teile des Fruchtfleisches (Kürbis) mit dem Boden. Bei wieder andern dienen haarförmige (Salweide) oder stachelige Anhängsel (gelbe Rübe), grubige Vertiefungen (Mohn) oder warzenförmige Erhöhungen (Schlüsselblume) der Samen- oder Fruchtschale der gleichen Aufgabe. Findet nun die Keimpflanze auch die zum Gedeihen notwendigen Bedingungen und geht sie aus dem Kampfe, den sie mit tierischen und pflanzlichen Feinden (Schmarotzern), besonders aber mit den Nachbarn um Boden, Wasser, Luft und Licht bestehen muß, siegreich hervor, so entwickelt sie sich weiter und ist nach einer gewissen Zeit selbst befähigt, die Erhaltung ihrer Art fortzuführen.

Anhang.

I. Über die geographische Verbreitung der Pflanzen.

Auf jedem Gange durch die freie Natur sehen wir, daß andere Pflanzen im Waldesschatten gedeihen als auf offnem Felde, andre am plätschernden Bache als auf sonndurchglühter Heide, andre im stillen Tale als auf sturmgepeitschter Höhe usw. Durchwandern wir einen größern Bezirk unsres Vaterlandes oder treten wir aus der Ebene in das Gebirge ein, so beobachten wir einen noch viel größern Wechsel. Es gibt allerdings einige Gewächse, von denen Adlerfarn, Hirtentäschelkraut und Vogelmiere an erster Stelle zu nennen wären, die fast über die ganze Welt verbreitet sind; im allgemeinen aber tritt uns in fremden Ländern auch eine fremdartige Pflanzenwelt entgegen. Kurz: die Pflanzendecke der Erde zeigt in den einzelnen Gegenden, Ländern, Erdteilen und Zonen oft außerordentliche Verschiedenheit.

1. Die Gründe der verschiedenen Verbreitung.

1. Wie wir gesehen haben, wanderten zur Eiszeit zahlreiche nordische Pflanzen nach Süden und blieben zum Teil hier auf Höhen oder in Mooren zurück. Damit waren also ganz neue Glieder in die ursprüngliche Pflanzenwelt jener Gegenden gekommen. Wenn wir weiter bedenken, daß zahlreiche Pflanzenarten durch das vordringende Eis vernichtet wurden und daß sich in dem später vom Eise wieder freigewordenen Gebiete Gewächse benachbarter Gegenden ansiedelten, werden wir leicht ermessen, welche Veränderungen die Pflanzenwelt etwa unserer Heimat durch das gewaltige Ereignis erfahren hat. Ähnliche Vorgänge spielten sich im Laufe der Erdentwicklung sicher auch in zahlreichen anderen Bezirken ab.

2. Besonders leicht vermögen sich die Pflanzen neue Wohngebiete zu erwerben, die mit geeigneten Verbreitungsmitteln versehen sind. Als solche kommen in erster Linie die Flugausrüstungen der Samen und Früchte in Betracht. So dringt z. B. das Frühlingskreuzkraut immer weiter nach Westen vor. Während es i. J. 1860 etwa bis Mitteldeutschland gelangt war, ist es gegenwärtig fast über unser ganzes Vaterland verbreitet.

3. Auch der Einfluß, den der Mensch auf die Natur ausübt, ist für die Zusammensetzung der Pflanzenwelt von größter Bedeutung. Aus fernen Zonen und Ländern führt er zahlreiche Kulturpflanzen ein, die die heimischen Gewächse vielfach verdrängen. Mehrere der angebauten Pflanzen entziehen sich der Pflege des Menschen wieder; sie verwildern und machen genau den Eindruck, als ob sie seit uralten Zeiten Glieder der heimischen Pflanzenwelt wären. Andere Gewächse (z. B. die Nachtkerze) werden durch den Verkehr von Land zu Land, ja sogar von Erdteil zu Erdteil verschleppt.

Von besonderer Wirkung ist aber die Tätigkeit des Menschen, wenn er Wälder ausrodet, Moore entwässert, Sümpfe trocken legt, öde Landstriche bewässert u. dgl. m. Hierdurch erhalten ganze Gebiete ein völlig verändertes Aussehen. Sollen aber kommende Geschlechter die Pflanzen- und Tierwelt unseres Vaterlandes in ihrem ursprünglichen Zustande kennen lernen, so ist notwendig, daß wenigstens hier und da kleine „Stückchen Natur“ als sog. Naturdenkmäler erhalten bleiben.

4. Weiter ist für die Verbreitung der Pflanzen Wärme und Kälte sowie Feuchtigkeit und Trockenheit, kurz also das Klima maßgebend. So können sich z. B. in den Ländern um das Mittelmeer nur solche Gewächse ansiedeln, die einen heißen Sommer ohne jeden Regen zu ertragen vermögen. Während sich die Pflanzen, die sowohl bei größerer, als auch bei geringerer Wärme gedeihen, oder die, die ebenso mit viel, wie mit wenig Wasser auskommen, leicht über weite Strecken verbreiten, bleiben diejenigen, die solche Schwankungen nicht aushalten können, auf einen kleinen Bezirk beschränkt.

Was sich hier im großen abspielt, können wir täglich auch in unserer Umgebung beobachten. Jeder Gang durch Feld und Wald zeigt uns, daß die Pflanzen in hohem Grade von der Beschaffenheit des Bodens sowie von Licht, Wärme und Feuchtigkeit abhängen. Da, wo gleiche Lebensbedingungen herrschen, finden sich auch stets gewisse Pflanzen beieinander, wie sich dies in Wald, Wiese, Moor usw. jederzeit leicht feststellen läßt. Die Gesamtheit der Pflanzen, die unter gleichen Bedingungen immer wieder zusammen auftreten, bezeichnet man als Pflanzenvereine.

2. Die wichtigsten Pflanzenvereine der Heimat.

1. **Sonnige Hügel.** Da der Boden im Winter sehr viel Wasser aufgenommen hat und schon im Vorfrühlinge durch die mehr oder weniger senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen stark erwärmt wird, bedecken sich die sonnigen Hügel schon frühzeitig im Jahre mit frischem Grün. Im heißen Sommer aber, namentlich wenn längere Zeit kein Regen fällt, erscheinen sie wie verbrannt. Die Gewitterregen vermögen hieran nur wenig zu ändern; denn deren Wasser fließt zum größten Teil von den Abhängen sofort wieder ab. Erst wenn im Spätsommer und Herbst wieder reichlich Niederschläge eintreten, gehen zahlreiche kurzlebige Kräuter (Hungerblümchen u. a.) aus Samen hervor. Sie überstehen den Winter, blühen im Beginn des Frühjahres und sterben dann bald ab.

Die Mehrzahl der Hügelpflanzen aber wird von ausdauernden Gewächsen gebildet. Mehrere von ihnen (Kuhschelle, Doldengewächse) besitzen auffallend tief in den Boden hinabsteigende Wurzeln. Andere haben lange, grasartige (Steinnelke) oder kleine, rundliche Blätter (Feld-Thymian), oder sie sind durch trockene, saftarme oberirdische Teile (Labkräuter), durch starke Behaarung (Königskerze) oder durch andere Mittel gegen eine zu starke Verdunstung geschützt. Wieder andere, wie Mauerpeffer und Fetthenne, speichern in ihren

saftreichen Blättern Wasser als Vorrat auf und noch andere, nämlich die Zwiebel- und Knollengewächse (Goldstern u. a.), ziehen sich vor Eintritt des Sommers gleichsam wieder in den Boden zurück.

Im Frühjahre keimen auf den Hügeln auch zahlreiche Samen der Bäume und Sträucher. Da die Keimpflanzen jedoch durch die bald eintretende Trockenheit zumeist wieder vernichtet werden, fehlt stets der Wald. Nur einige Sträucher (Schwarzdorn, Hundsrose) vermögen in der Regel der sommerlichen Dürre zu widerstehen.

2. **Felsen und Gebirge.** Die Pflanzen, die in unbewaldetem Felsboden wurzeln, leben unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie die der sonnigen Hügel. Wasser finden sie allerdings auch während des Sommers in den Ritzen des Gesteins und unter Geröll zumeist zur Genüge. Dafür aber haben sie in dieser Zeit stark unter den Strahlen der Sonne zu leiden, die den Boden oft in einem solchen Grade erhitzen, daß man ihn mit der Hand kaum längere Zeit berühren kann.

Je höher man im Gebirge emporsteigt, um so mehr nimmt die Jahreswärme ab und um so länger werden daher die Winter. Infolgedessen fehlt schon auf den höchsten Erhebungen einiger unserer Mittelgebirge jeglicher Baumwuchs. Bereits hier, aber noch mehr an den baumfreien Stellen der Alpen findet sich eine höchst eigentümliche Pflanzenwelt.

Einjährigen Pflanzen begegnen wir auf dem Hochgebirge nur selten; denn sie sind infolge der kurzen Sommer zumeist nicht imstande, ihre Samen zu reifen. Die ausdauernden Gewächse, die mithin den Hauptbestandteil der dortigen Pflanzenwelt bilden, treten uns entweder als niedrig bleibende Holzpflanzen (kriechende Weiden u. dgl.; s. Abb. S. 106) oder als Stauden entgegen, die sich gleichfalls nur wenig über den Boden erheben. Diese geringe Größe ist für sie besonders im Winter von Vorteil, weil ihnen dann weder die riesige Last des Schnees, unter dem sie begraben liegen, noch die eisigen Winde zu schaden vermögen. Infolge der dünnen, reinen Luft herrscht hier aber im Sommer auch ein viel stärkeres Licht als in der Ebene, und die Sonnenstrahlen erzeugen oft sehr hohe Temperaturen. Da die zarten Gewächse sich jedoch nicht selten so reich verzweigen, daß sie dichte Rasen bilden, da sie ferner vielfach durch Haardecken — man denke nur an das zierliche Edelweiß, das gleichsam in Filz gekleidet ist — oder durch andere Mittel gegen zu grelles Licht und zu starken Wasserverlust geschützt sind und da sie endlich ihre Wurzeln meist sehr tief in den Boden senken, können sie den Unbilden des hier herrschenden Klimas sehr wohl widerstehen. Die starke Beleuchtung bringt es auch mit sich, daß die Pflanzen des Hochgebirges in der Regel mit überaus leuchtenden Blütenfarben geschmückt sind, die um so stärker hervortreten, als die Blüten bei der Kleinheit der Gewächse meist verhältnismäßig groß erscheinen. Ein schwaches Abbild von der hier herrschenden Blütenpracht dürfte die beigefügte Tafel 4 geben.

3. **Äcker.** Da die obere Bodenschicht der Äcker meist alljährlich durch Pflug oder Spaten umgearbeitet wird, vermögen sich hier nur wenige ausdauernde Pflanzen zu behaupten (Ackerschachtelhalm, Huflattich, Quecke u. a.). Die Wurzelstöcke dieser Gewächse zeichnen sich dadurch aus, daß sie ohne Schaden durch den Pflug zerrissen werden können und daß sich aus jedem der entstandenen Teilstücke meist wieder eine neue Pflanze entwickelt. Die Mehrzahl der Unkräuter wird mithin aus einjährigen oder einjährig-überwinternden Gewächsen (Kornrade, Kamille, Vogelmiere, Hederich, Ackersenf u. v. a.)

gebildet. Diese gehen mit den angebauten Pflanzen gleichzeitig aus Samen hervor und reifen auch mit ihnen ihre Früchte. Daher hat der Mensch sie bisher auch noch nicht auszurotten vermocht, obgleich er gegen sie bereits so lange einen Kampf führt, als es einen Ackerbau gibt. Abgesehen vom Frühlingskreuzkraute und einigen anderen Arten sind die Unkräuter bei uns heimisch. Die Kulturpflanzen dagegen entstammen, wie wir bereits früher gesehen haben, zumeist wärmeren Gegenden.

Im Garten finden sich zahlreiche angebaute Pflanzen der Felder wieder (Gemüsearten, Kartoffel usw.). Neben ihnen aber hat der Mensch allerlei „Blumen", Sträucher (Beerenobst, Ziersträucher) und Bäume (Obst- und Zierbäume) angepflanzt, von denen jedoch nur wenige bei uns ihre Heimat haben (Stachelbeerstrauch, Apfel-, Birn-, Süßkirschbaum u. a.). Die Unkräuter des Feldes machen sich auch hier breit; im Gebüsch und unter Bäumen siedeln sich jedoch auch andere Pflanzen an (Wegerich, Schellkraut usw.).

4. **Wiesen.** An den Ufern der Flüsse dehnen sich vielfach Wiesen aus, die fast alljährlich ein- oder mehrere Male überschwemmt werden. Mit dem Hochwasser des Frühjahres ist nun gewöhnlich Eisgang verbunden, der meist alle aus den Fluten hervorragenden Holzgewächse vernichtet. Es vermag sich daher auch kein Wald zu bilden. Den Wiesenpflanzen dagegen schaden die Überschwemmungen in der Regel nicht. Neben diesen natürlichen Wiesen gibt es auch künstliche, die vom Menschen meist durch Niederschlagen des Waldes geschaffen worden sind.

Wie wir bereits früher gesehen haben, beruht der Bestand der Wiesen besonders auf der Anwesenheit ausdauernder Grasarten, die fortgesetzte Verstümmelungen ertragen können, und deren Ausläufer eine dichte Grasnarbe bilden. Zwischen den Gräsern hat sich je nach Bodenbeschaffenheit, Feuchtigkeit, Wärme u. dgl. eine meist sehr verschiedenartige Pflanzengesellschaft eingebürgert. Hahnenfußarten, Schlüsselblumen, Knabenkräuter und Doldengewächse, sowie Wucherblume, Kuckuckslichtnelke, Wiesenschaumkraut u. a. sind bekannte Erscheinungen. Auf den Gebirgswiesen kommen vielfach ganz andere Pflanzen vor, von denen der zierliche Krokus, die stolze Arnika und die farbenprächtigen Enzianarten besonders genannt sein mögen.

Ist der Boden sehr wasserhaltig, so siedeln sich auf ihm Sauer- oder Riedgräser an: es entstehen die sog. sauren Wiesen, die ein minderwertiges Viehfutter liefern. Sehr trockene Wiesen werden gewöhnlich als Weiden benutzt. Die Matten der Hochgebirge sind meist natürliche Wiesen, die alljährlich wiederkehrenden Schneerutschen oder Lawinenstürzen ihre Entstehung verdanken.

5. **Wälder.** Wie uns die Geschichte erzählt, ist in ferner Vorzeit der größte Teil unseres Vaterlandes mit unermeßlichen Wäldern bedeckt gewesen, in denen wahrscheinlich große, wiesenähnliche Gebiete eingelagert waren. Um Raum für Viehzucht und Ackerbau zu gewinnen, sind später große Waldflächen niedergeschlagen worden.

Die einzelnen Waldbäume zeigen in unserem Vaterlande eine sehr verschiedene Verbreitung. Während Eichen, Birken, Kiefern u. a. fast überall

vorkommen, fehlt die Buche in einem großen Teile von Ostpreußen. Die Tanne ist im norddeutschen Flachlande kaum, die Fichte nur im Osten und Westen dieses weiten Gebietes und die Lärche fast bloß in den Alpen wild anzutreffen.

Stehen die Waldbäume frei, so nehmen sie eine ganz andere Gestalt an als im dichten Walde. Hier drängen sich ihre Wipfel nach oben, dem Lichte entgegen, während die unteren, beschatteten Äste absterben. Die jungen Bäume dagegen vermögen im Schatten der alten zu leben. Sobald aber ein alter Baum z. B. gefällt wird, wachsen sofort die jungen nach und füllen die entstandene Lücke.

Die Sträucher und krautartigen Pflanzen des Waldes müssen sich zumeist mit dem schwachen Lichte begnügen, das durch das dichte Blätterdach zu ihnen gelangt. Sie besitzen jedoch in der Regel große und zarte Blätter (Windröschen, Wurmfarn u. a.), die zahlreiche Sonnenstrahlen auffangen und genügend durchleuchtet werden können. Die lederartigen Blätter der immergrünen Pflanzen dagegen (Efeu, Stechpalme u. a.) vermögen schon im Beginn des Frühjahres das Licht auszunützen, das durch die noch unbelaubten Kronen fällt. Dies ist auch die Zeit, in der die meisten „Waldblumen" erscheinen (Windröschen, Lungenkraut, Maiglöckchen u. a.). Da der Waldboden reich an verwesenden Stoffen ist, entsprießen ihm auch zahlreiche Verwesungspflanzen (Nestwurz, Fichtenspargel, die Fruchtkörper zahlreicher Pilze usw.). Von großer Wichtigkeit für den Wald sowohl, wie für den Menschen sind die unscheinbaren Moose, die den Waldboden oft auf weite Strecken hin überziehen.

Der Laubwald verlangt zum guten Gedeihen einen Boden, der verhältnismäßig reich an Nährstoffen ist. Die im Herbste abfallenden Blätter bilden dicke, modernde Massen. Da deren obere Schichten nur langsam verwesen, können Samen, die auf sie gelangt sind, ihre Keimwurzel vielfach nicht bis zur Erde hinabsenden. Infolgedessen trifft man hier zumeist nur ausdauernde Kräuter an, die sich durch kriechende Wurzelstöcke weiter verbreiten (Maiblume, Waldmeister u. a.). Da sich im Buchenwalde die abgestorbenen Blätter besonders stark anhäufen und da durch seine dichten Kronen das Licht erheblich gedämpft wird, ist er an Unterholz und Kräutern auch weit ärmer als der lichtere Eichenwald oder als die „Mischwälder", die von mehreren Baumarten gebildet sind.

Die Nadelwälder begnügen sich mit dürftigerem Boden als der Laubwald. Ganz besonders gilt dies von den Kiefernwäldern, die namentlich im Flachlande weite Gebiete bedecken und sich selbst noch auf Sandboden gut entwickeln. Ausgedehnte Fichten- und Tannenwälder treten uns vorwiegend im Gebirge entgegen. Je nachdem Bodenbeschaffenheit, Wärme, Feuchtigkeit und Licht in dem Nadelwalde verschieden sind, je nachdem siedelt sich in ihm auch eine andere Welt niedriger Pflanzen an. Da die immergrünen Nadelbäume den Boden das ganze Jahr hindurch beschatten, ist der Nadelwald im allgemeinen arm an blühenden Gewächsen. Um so besser gedeihen in dem Halbdunkel zumeist aber die Moose, die namentlich in feuchten Fichtenwäldern ausgedehnte Teppiche bilden.

6. **Wasser.** Die Pflanzenvereine des Wassers lassen eine große Mannigfaltigkeit erkennen: Im freien Wasser leben zahlreiche einzellige Algen, die — wie bereits früher erwähnt — mit den hier anzutreffenden mikroskopisch kleinen Tieren (niederen Krebsen, Urtieren u. dgl.) die Gemeinschaft des Schwebenden oder des Planktons bilden. Eine andere Gruppe sind die Schwimmpflanzen, zu denen neben verschiedenen Fadenalgen auch mehrere Blütenpflanzen zählen (Wasserlinse, Wasserschlauch, Hornblatt, Froschbiß u. a.). Sie schweben gleichfalls frei im Wasser, heben aber ihre Blüten über dessen Oberfläche empor. Die festgewurzelten Wasserpflanzen bleiben entweder untergetaucht (Wasserpest, Laichkräuter) oder sie breiten ihre Schwimmblätter flach auf der Oberfläche des Wassers aus (Seerose, Wasserhahnenfuß). Wie diese Gewächse den Verhältnissen, unter denen sie leben, aufs vollendetste angepaßt sind, haben wir früher näher kennen gelernt.

Unter den Uferpflanzen, die die Gewässer oft wie mit einem grünen Gürtel umsäumen, werden Schilf, Rohrkolben, Froschlöffel, Blumenbinse, Wasserschwertlilie, Binsen u. a. überall häufig angetroffen. Auch diese Gewächse zeigen — wie wir gleichfalls schon gesehen haben — zahlreiche Eigentümlichkeiten, die dem Standorte genau entsprechen.

7. **Wiesenmoore** (Taf. 5). Ist ein ruhiges Gewässer sehr reich an schwimmenden oder festwurzelnden Gewächsen, so sinken in ihm alljährlich große Mengen abgestorbener Pflanzenstoffe nieder. Es entsteht infolgedessen ein fauliger Schlamm, der den Untergrund immer mehr erhöht und sich namentlich zwischen den hohen Gewächsen am Ufer (Schilf, Rohr u. a.) ablagert: das Gewässer beginnt zu verlanden. Haben die abgestorbenen Massen am Ufer eine größere Stärke erreicht, dann siedeln sich auf ihnen allerlei Sumpfpflanzen an. Hierdurch bilden sich schwimmende grüne Rasen, die miteinander verschmelzen und die Ufergewächse gleichsam verdrängen, so daß diese weiter in das Gewässer hinein wandern müssen. Setzen sich die Vorgänge nun viele Jahre hindurch fort, dann überzieht sich das ganze Gewässer schließlich mit einer schwankenden Decke (Schaukelmoore), die sich durch weitere Auflagerung beständig verdickt und schließlich als Wiese benutzt werden kann (Wiesenmoor!). Da die Decke fortgesetzt schwerer wird, sinkt sie immer tiefer, bis endlich das ganze ehemalige Wasserbecken mit Pflanzenresten ausgefüllt ist. Eine solche Anhäufung wurde aber nur dadurch möglich, daß die toten Massen durch einen Teppich lebender Pflanzen von der atmosphärischen Luft abgeschlossen waren. Sie verfaulten daher nicht, sondern verkohlten wie das Holz im Meiler: es bildete sich Torf.

Da der Boden des Moores sehr luftarm ist, vermögen auf ihm auch nur Pflanzen zu leben, die ihre Wurzeln flach in der obersten Schicht ausbreiten (Schachtelhalm, Wollgras, Pfennigkraut, Vergißmeinnicht u. a.). Bäume können auf dem Moore meist erst gedeihen, wenn die Bodensenkung ganz mit Pflanzenstoffen ausgefüllt ist, der Grund also trockener wird. Dann machen auch die „Sauergräser“ den echten Gräsern Platz.



Pflanzenleben auf einer Alpenmatte etwa in einer Höhe von 2400 m. 1 Alpenglöckchen. 2 Gletscherhahnenfuß. 3 Mehlprimel. 4 Bärtige Glockenblume (hinten), Frühlings-Enzian (Mitte) und Silberwurz (vorn). 5 Gelbe Alpenanemone, 6 Aurikel. 7 Stengelloser Enzian. 8 Immergrüner Steinbrech (hinten) und Zwergleimkraut (vorn). 9 Alpenleinkraut. 10 Edelweiß.

8. **Hochmoore** (Taf. 6). Im nordwestlichen Deutschland, aber auch in anderen Gebieten unseres Vaterlandes, die besonders reich an Niederschlägen sind, trifft man Moore an, die sich in ganz anderer Weise als die Wiesenmoore gebildet haben. Sie verdanken ihre Entstehung in erster Linie dem unscheinbaren Torf- oder Sumpfmoose, das meist in dichten Rasen vorkommt. Diese saugen sich bei jedem Regen voll Wasser, das als Vorrat für spätere Zeiten dient. In trockenen Gegenden wächst das Torfmoos daher nur im Schutze schattenspendender größerer Pflanzen; in regenreichen Gebieten aber trifft man es unter freiem Himmel an. Da es hier günstigere Lebensbedingungen findet, vergrößern sich die Moosrasen oft sehr schnell. Verschmelzen benachbarte Rasen miteinander, so entsteht eine große Moosdecke, deren einzelne Pflänzchen — wie dies bei allen Moosen der Fall ist — unten absterben und oben weiter wachsen. Da die toten Teile von der atmosphärischen Luft also durch eine lebende Schicht abgeschlossen sind, müssen sie wie die Pflanzenreste im Wiesenmoore verkohlen, d. h. sich zu Torf umbilden. Die Ränder des so entstehenden Moores verlieren durch Austrocknen vielfach Wasser. In der Mitte dagegen findet ein solcher Verlust nicht statt. Hier ist daher das Wachstum der Moose und die Torfbildung am lebhaftesten. Infolgedessen wölben sich die Oberflächen kleiner Moore gleichmäßig empor, während die größerer wie ein Uhrglas gekrümmt sind. Da nun die Erhebung über den Boden oft sehr beträchtlich ist — sie kann bis 10 m betragen — werden diese Moore treffend als Hochmoore bezeichnet.

Solange die Torfmoose stark wachsen, überwuchern sie meist bald die Pflanzen, die sich zwischen ihnen anzusiedeln versuchen. Wird das Wachstum aber geringer, so stellen sich auf dem Hochmoore, besonders aber an seinen trockneren Rändern, mit der Zeit Sauer- und echte Gräser, Heidekräuter, Sträucher, Kiefern und andere Gewächse ein.

9. **Heide.** Das anspruchslose Heidekraut bildet im nordwestdeutschen Flachlande einschließlich der Halbinsel Jütland den Hauptbestandteil des Pflanzenvereins der Heide. Auch außerhalb dieses Gebietes, sofern nur ein mildes, regenreiches Klima herrscht, kommen kleinere Heideflächen vor. Da, wo im Sommer der Boden stark austrocknet, gedeiht das Heidekraut nur noch im Schutze des Waldes, besonders des Kiefernwaldes, der ungenau vielfach auch als „Heide" bezeichnet wird.

Der Boden der Heide ist stets arm an Nährstoffen; vielfach besteht er nur aus unfruchtbarem Sande. Zumeist ist er mit einer Schicht abgestorbener Pflanzenteile bedeckt, die unter der Decke der lebenden Gewächse vertorfen.

Wenn sich auch zwischen dem Heidekraute zahlreiche andere Pflanzen ansiedeln (Flechten, Moose, Gräser, Feld-Thymian, Ginster, Kiefer, Birke, Wacholder u. a.), immer bleibt es das herrschende Gewächs, das den Boden oft soweit bedeckt, als das Auge reicht.

10. **Meeresstrand.** Die Pflanzenwelt des Meeresstrandes ist, je nachdem dieser eine sandige, schlammige oder andere Beschaffenheit zeigt, durchaus verschieden. An unseren Küsten waltet ein feiner, lockerer, nahrungsarmer

Sand vor, auf dem dort, wo er nicht regelmäßig vom Meere überflutet wird, nur wenige niedrige Gewächse fortkommen können. Die meisten von ihnen (Queller u. a.) sind Fettpflanzen wie der Mauerpfeffer, eine Erscheinung, deren Bedeutung wir bereits früher erkannt haben.

Hinter dem flachen Strande ist der Sand in der Regel zu hohen Dünen angehäuft (Tafel 6). Die älteren von ihnen sind vielfach mit Buschwerk oder Kiefernwald bestanden, während die jüngeren entweder ganz kahl erscheinen oder eine spärliche Decke niedriger Pflanzen aufweisen, die mit ihren unterirdischen Teilen bis zu den tieferen, stets feuchten Sandschichten vordringen. Welche Wichtigkeit diese unscheinbaren Gewächse für die Erhaltung der Dünen und damit für den Menschen haben, ist bei dem früher erwähnten Strandhafer bereits ausgeführt worden.

3. Die Pflanzenreiche der Erde.

Die Gesamtheit der Pflanzen, die einen bestimmten Bezirk (z. B. Deutschland) bewohnen, bezeichnet man als dessen Flora. Weicht die Pflanzenwelt eines Gebietes von der eines anderen wesentlich ab, so hat man verschiedene Pflanzen- oder Florengebiete vor sich. Stimmen zwei oder mehrere Gebiete wieder in wichtigen Punkten überein, so faßt man sie zu einem Pflanzen- oder Florenreiche zusammen. Solcher Reiche lassen sich fünf unterscheiden.



Eine kriechende Weide.

A. **Das Pflanzenreich der nördlichen kalten und der nördlichen gemäßigten Zone.** Die Gewächse dieses Bezirkes haben wie alle diejenigen, die außerhalb des Tropengürtels leben, eine Zeit winterlicher Ruhe zu überstehen, die nach Süden hin immer kürzer wird.

1. Das nördliche kalte (arktische) Gebiet umfaßt alles Land nördlich der Baumgrenze. Seine Grenzlinie fällt zum Teil mit dem Polarkreise zusammen; in Sibirien aber erhebt sie sich beträchtlich über diesen, während sie sich in Nordamerika bis etwa zum 55° herabsenkt. Da in den unwirtlichen Ländern nur ein sehr kurzer Sommer herrscht, treffen wir hier auf eine Pflanzenwelt, die der des Hochgebirges sehr ähnlich ist. Wie dort finden sich nur wenige einjährige Pflanzen; die Stauden bleiben niedrig und die Holzgewächse kriechen mit ihren Stämmen und Zweigen auf der Erde dahin. Weite, sumpfige Flächen, die Tundren, sind fast nur mit Moosen und Flechten bedeckt. Kulturgewächse fehlen.

2. Das nördliche Waldgebiet erstreckt sich über diejenigen Länder von Europa, Asien und Amerika, die sich an das kalte Gebiet anschließen. Während die Außenbezirke ein mildes Seeklima aufweisen, herrscht im Inneren Fest-

landsklima mit heißen Sommern und kalten Wintern. Das Gebiet zeichnet sich durch großen Reichtum an Wald aus, ist in seinen einzelnen Teilen aber sehr verschieden.

Die Pflanzenwelt Mitteleuropas weicht von der Deutschlands nur in unwesentlichen Stücken ab. Die wichtigsten Kulturgewächse sind Getreide, Kartoffel, Obstbäume, zum Teil auch der Weinstock.

Sibirien zeigt, soweit es nicht in das kalte Gebiet hineinragt, ganz ähnliche Verhältnisse. Es ist sehr reich an Wäldern, in denen die Nadelhölzer vorherrschen.

Die Küstenbezirke Ostasiens haben Seeklima. In den wärmeren südlicheren Teilen kommen vielfach Pflanzen nebeneinander vor, die den tropischen, den mittelländischen und unseren heimischen Gewächsen ähneln. Der Ackerbau ist zumeist hoch entwickelt. Es werden angebaut: Tee, Reis, Zuckerrohr, Baumwolle, Orangen, Zitronen, der weiße Maulbeerbaum (Seidenspinnerzucht!) u. a. Viele dieser Pflanzen haben hier ihre Heimat. Dies gilt auch vom Kampferbaume, von mehreren Palmfarnen, dem merkwürdigen Gingko und zahlreichen Gewächsen, die bei uns als Zierpflanzen hoch geschätzt werden (Chrysanthemum, Pfingstrose u. a.).

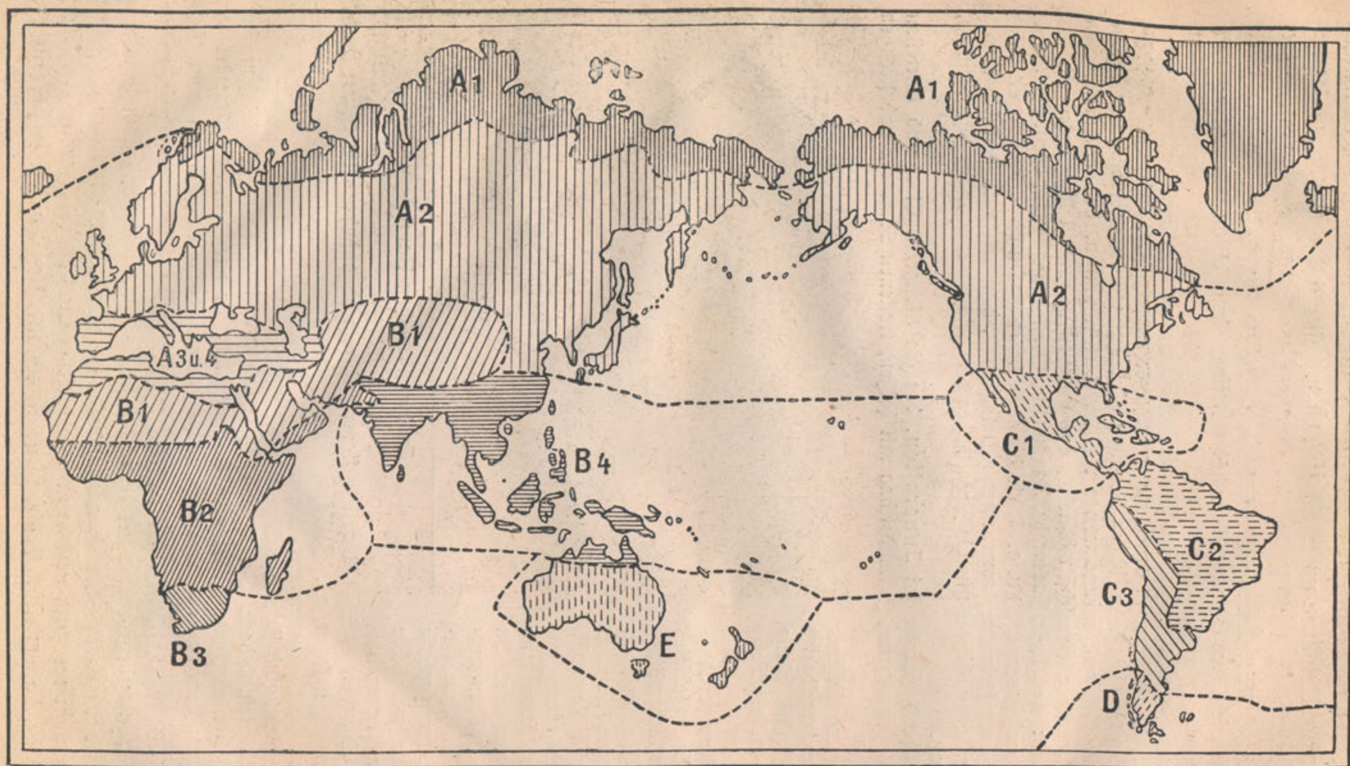
Ganz abweichend hiervon hat Innerasien, das die Mongolei, Tibet und Turkestan umfaßt, ein ausgesprochenes Festlandsklima mit heißen, trockenen Sommern und strengen Wintern. Daher ist es fast ganz Steppen- und Wüstenland. Die Pflanzenwelt zeigt eine große Dürftigkeit. Weite Bezirke stellen eintönige Salzsteppen dar.



An der nördlichen Baumgrenze.

Der nordamerikanische Anteil des Gebietes zeichnet sich im Norden durch unermeßliche Nadelwälder, in den mittleren Bezirken durch winterkahle Laubwälder und im Süden durch immergrüne Laubbäume und tropische Pflanzen aus. In Kalifornien ist der Mammutbaum und in südlichen Gegenden die Sumpfzypresse anzutreffen, die wir beide bereits früher kennen gelernt haben. Aus den östlichen Bezirken stammen mehrere unserer beliebtesten Parkbäume (Weymouthskiefer u. a.). Zwischen dem östlichen und dem westlichen Waldteile dehnen sich ungeheure Ebenen aus. Da in ihnen heiße, trockene Sommer mit strengen Wintern abwechseln, sind sie wie andere ähnliche Stellen der Erde von baumlosen Grassteppen, den Prärien, bedeckt. Im Nordwesten finden sich zahlreiche öde Salzwüsten; im Süden haben sich winterharte Kaktusgewächse angesiedelt. Je nach dem Klima werden in den verschiedenen Teilen von Nordamerika auch sehr verschiedene Nutzpflanzen angebaut: im Norden sind die Kulturgewächse von Mitteleuropa, im Süden dagegen Reis, Mais, Zuckerrohr, Baumwolle, Tabak u. a. und im Osten (Kalifornien) zahlreiche Pflanzen des Mittelmeergebietes anzutreffen.

3. Das Mittelmeergebiet wird von den Küstenländern des Mittelmeeres gebildet, erstreckt sich aber fast über die ganze Pyrenäenhalbinsel, sowie über die Südküsten des Schwarzen und Kaspischen Meeres und die Länder am Süd-



Karte zur Verbreitung der Pflanzen. A Reich der nördlichen kalten und der nördlichen gemäßigten Zone: 1 nördliches kaltes Gebiet; 2 nördliches Waldgebiet; 3 und 4 Mittelmeer- und orientalisches Steppengebiet (miteinander vereinigt). B Tropenreich der alten Welt: 1 afrikanisch-indisches Wüstengebiet; 2 afrikanisches Wald- und Steppengebiet; 3 Gebiet des Kaplandes; 4 indisches Gebiet. C Reich von Mittel- und Südamerika: 1 Gebiet von Mittelamerika; 2 Gebiet des tropischen Südamerika; 3 Gebiet der Anden. D Reich der südlichen kalten Bezirke. E Australisches Reich.

fuße des Kaukasus. Die wildwachsenden Pflanzen sind durch lederartiges Laub und vielfach auch durch dichte Behaarung gegen die Dürre des langen Sommers vortrefflich geschützt. Der Winter ist mild und regenreich. Daher sind die meisten Pflanzen auch imstande, ihr Laub das ganze Jahr hindurch zu behalten. Die immergrünen Gehölze bilden weit ausgedehnte Strauchwälder, in denen u. a. die Myrte wächst. Von Nadelhölzern finden sich Pinie und Zypresse; heimisch sind ferner auch Zwergpalme, Lorbeer, Oleander und immergrüne Eichen. An Kulturgewächsen werden u. a. angetroffen: Ölbaum, Zitrone, Orange, Feige, Kastanie, Granatbaum, Melone, Johannisbrotbaum, Maulbeerbaum, Süßholz, Korkeiche, Mais, Weizen, zum Teil auch Reis. Durch Einführung fremder Gewächse (Akazien, Eukalyptusbäume, Fackeldisteln, Agaven u. a.) ist das ursprüngliche Aussehen der Landschaft oft stark verändert.



Urwald im Kamerungebirge.

4. Das orientalische Steppengebiet stellt die Verbindung her zwischen dem Mittelmeergebiete und Innerasien. Es reicht im Westen bis Südrußland und bis zur ungarischen Tiefebene. Das baumarme Gebiet ist — wie schon sein Name besagt — zum größten Teil Steppenland mit einer sehr dürftigen Pflanzenwelt. Weite Strecken sind oft nur mit Dornensträuchern oder Salzpflanzen bedeckt. Dagegen zeigen sich die Flußufer und die Gegenden mit künstlicher Bewässerung überaus fruchtbar (Reis, Baumwolle, Kürbisgewächse, Dattelpalme, Weizen u. a.). Aus Vorderasien und den angrenzenden Teilen des Mittelmeergebietes stammen zahlreiche unserer ältesten Kulturpflanzen: Aprikose, Pfirsiche, Sauerkirsche, Erbse, Linse, Saubohne, Roggen, Weizen, Gerste u. a.

B. **Das Tropenreich der alten Welt.** 1. Das afrikanisch-indische Wüstengebiet erstreckt sich vom Atlantischen Ozean bis zu den Wüsten von Vorderindien, umfaßt also die Sahara, Ägypten, Arabien und den Südteil des Hochlandes von Iran. Das Klima dieses gewaltigen Bezirkes ist heiß und sehr regenarm. Die wildwachsenden Gewächse zeigen alle Merkmale der Trockenlandpflanzen (tiefgehende Wurzeln, starke Behaarung, kleine Blätter u. dgl.). Weite Flächen sind sogar ohne jeden Pflanzenwuchs. Nur in den Flußtälern, z. B. am Nil, oder da, wo ein Quell den Boden durchbricht (Oasen), können Kulturpflanzen angebaut werden, unter denen die hier heimische Dattelpalme die Hauptrolle spielt.



Steppe in Ostafrika.

2. Das afrikanische Wald- und Steppengebiet zieht sich quer durch den ganzen Erdteil vom Südrande der Sahara bis zum Oranje-Fluß. In seinen feuchten Bezirken trägt es riesige Urwälder, in den trockneren dagegen ausgedehnte Steppen, die das Waldgebiet unregelmäßig durchsetzen und zum Teil fast in Wüsten übergehen. In den Steppen der Hochebenen, die vielfach mit Dornengebüsch (Akazien u. a.) bedeckt sind, ziehen sich an den Flußläufen Waldsäume entlang (Galeriewälder). Heimisch sind in dem Gebiete: Kaffee, Ölpalme, Affenbrotbaum, Wunderbaum, Papierstaude, kaktusähnliche Wolfsmilcharten u. a. Angebaut werden neben der Ölpalme fast alle Kulturgewächse Indiens und Amerikas.

Den Südteil der gewaltigen Ländermasse bildet das Gebiet, das vom heutigen „Deutsch-Südwest-Afrika" und der Kalahari eingenommen wird. Diese Bezirke zeigen infolge ihres trockenen, heißen Klimas vielfach Wüstencharakter.

Dornige Sträucher und Fettpflanzen sind vorherrschend. Als die auffälligste Pflanzenform sei die bereits früher erwähnte Welwitschie genannt.

3. Das Gebiet des Kaplandes wird in seinem nördlichen Teile von Steppen eingenommen, die gleichfalls sehr reich an Fettpflanzen (Aloëarten, kaktusartige Wolfsmilchgewächse, Aasblumen) sowie an Knollen- und Zwiebelgewächsen sind. Im Südosten des Gebietes fallen reichliche Sommerregen. Daher findet sich hier eine fast tropische Pflanzenwelt (Palmen, Palm- und Baumfarne). Der Südwesten, der sich durch ergiebige Winterregen auszeichnet, ist die Heimat der zahlreichen Heidekrautarten und der Pelargonien („Geranien"), die bei uns im Gewächshaus und Zimmer gepflegt werden. Auch die als „Calla" bekannte Topfpflanze ist hier zu Hause. Bäume fehlten dem Kaplande ursprünglich völlig; die jetzt vorhandenen sind also erst eingeführt. In den feuchteren Bezirken geben die Kulturgewächse (Obstbäume, Weinstock, Orange u. v. a.) große Erträge.

4. Das indische Gebiet erstreckt sich über Vorder- und Hinterindien sowie über die dazu gehörigen Inseln. Die östlichen Teile, die von dem regenreichen Südwestmonsum nicht getroffen werden, sind trocken, zum Teil sogar Wüsten. Die Länder und Inseln dagegen, die im Bereiche dieses Windes liegen, besitzen ein feuchtheißes Klima, das eine Pflanzenwelt von größter Üppigkeit hervorgerufen hat. Weite Strecken, namentlich an den Küsten, sind mit dichtem Urwalde bedeckt, der aus sehr verschiedenen Baumarten zusammengesetzt und von Schlinggewächsen (Rotangpalmen u. a.) durchflochten ist. Hier sind u. a. der Gummibaum, den wir gern im Zimmer pflegen, sowie die merkwürdigen Kannensträucher heimisch. Die Flußläufe werden von undurchdringlichem Sumpfwalde, den Dschungeln, begleitet (Bambusgewächse u. a.) und die Küsten von Mangrovewäldern umsäumt. An Kulturgewächsen, die hier zum größten Teile heimisch sind, treten in größter Mannigfaltigkeit auf: Reis, Mais, Weizen, süße Kartoffel, Kokospalme, Zuckerrohr, Kaffee, Tee, Brotfruchtbäume, Mohn, Baumwolle, Luffapflanze, Manilahanf, Indigo, Pfeffer, Zimmet, Muskatnuß, Ingwer, Gewürznelke, Kakao, Sagopalme, Banane, Maniokstrauch, Bambus, Guttapercha, Jute u. a.

C. **Das mittel- und südamerikanische Pflanzenreich.** 1. Im Gebiete von Mittelamerika herrschen sehr verschiedene Verhältnisse: Am Golf von Mexiko und an den Küsten des Stillen Ozeans sind unter dem Einflusse tropischen Klimas auch Tropenwälder entstanden. Außer den einheimischen Nutzpflanzen, der Vanille und der Ananas, werden hier alle anderen Kulturgewächse der Tropen angebaut. Das Hochland ist steppen- und vielfach wüstenartig. Dementsprechend wird es auch von ausgeprägten Trockenlandpflanzen bewohnt (Kaktusarten, Agaven, Yucca). Hier haben auch mehrere Fuchsien, die bei uns allbekannte Zierpflanzen bilden, ihre Heimat. Kultiviert werden: Agaven, Feigenkaktus, Mais, Spanischer Pfeffer, Ananas, Weinstock u. a.

2. Im Gebiete des tropischen Südamerika lassen sich gleichfalls große Unterschiede beobachten:

Westindien hat meist ein feuchtheißes Klima und besitzt demzufolge zum größten Teil einen üppigen Pflanzenwuchs. Die herrlichen Urwälder sind durch die Kultur aber vielfach vernichtet. Der Nelkenpfefferbaum ist hier heimisch.

Die Länder am Orinoko zeigen in ihren äußeren Teilen die Verhältnisse Westindiens. Das Innere dagegen ist heiß und trocken. Es wird daher vorwiegend von Steppen (Llanos) eingenommen, die nur geringen Baumwuchs besitzen. Einheimische Nutzpflanzen sind die Elfenbeinpalme, der Mahagonibaum u. a.

Die vom Amazonenstrome und seinen Nebenflüssen durchströmten Länder haben ein feuchtheißes Klima und werden an Üppigkeit des Pflanzenwuchses von keinem anderen Bezirke der Erde übertroffen. Den unermeßlichen Urwäldern (und zum Teil auch denen der Nachbargebiete) entstammen der Kakaobaum und verschiedene Kautschukbäume.

Der heiße und feuchte östliche Teil von Brasilien ist mit üppigem Urwalde bedeckt. In dem heißen und trockenen Westen dagegen haben sich weite Savannen gebildet. Hier finden sich auch jene merkwürdigen Wälder (Catingas), deren Bäume im Sommer das Laub abwerfen (Schutz gegen das Vertrocknen!). Angebaut werden zahlreiche Tropengewächse, besonders Kaffee. In den Flüssen wächst die amerikanische Seerose.

3. **Das Gebiet der Anden weist schon infolge der riesigen Ausdehnung und der Höhe des Gebirges sehr verschiedene Verhältnisse auf:**

Der Westabhang des tropischen Teiles der Anden ist heiß und sehr wasserarm. Am Ostabhange dagegen herrscht ein feuchtheißes Klima. Hier gedeihen alle Kulturpflanzen der Tropen. In den Gebirgswäldern sind die Fieberrindenbäume zu Hause. Aus diesen Gegenden stammen auch Kartoffel, Bohne und Kapuzinerkresse. Da sich das gewaltige Gebirge bis in die nördliche kalte Zone erstreckt, konnten auf seinen Höhen nordische Pflanzen einwandern, die sich hier zu sehr merkwürdigen Formen umbildeten. Besonders zahlreich sind die Arten der auch bei uns heimischen Baldriane vertreten, die vielfach ganz das Aussehen von „Alpenpflanzen" zeigen.



Baldrian aus den höchsten Anden von Peru (etwas verkl.).

Nord- und Mittel-Chile haben ein ähnliches Klima wie die Mittelmeerländer. Da die Trockenzeit aber länger als ein halbes Jahr währt, sind sie baumarme Gebiete. In wohlbewässerten Teilen dagegen gedeihen die Kulturgewächse von Südeuropa. Chile ist wie Mexiko die Heimat mehrerer Fuchsien.

Die Länder östlich der Andenkette werden im Innern zum größten Teil von Grassteppen, den Pampas, eingenommen.

D. **Das Pflanzenreich der südlichen kalten Bezirke** (oder das antarktische Pflanzenreich) umfaßt die Spitze von Südamerika und die wenigen Inseln und Inselgruppen, die sich südlich von Amerika, Afrika und Australien aus dem Meere erheben. In den warmen, nördlichen Bezirken von Süd-Chile und dem Feuerlande finden sich immergrüne Laubwälder und gedeihen alle mitteleuropäischen Kulturpflanzen; der mittlere Teil ist besonders reich an Buchenwäldern. Der Süden dagegen besitzt eine Pflanzenwelt, die der des hohen Nordens ganz ähnlich ist.

E. **Das australische Pflanzenreich** erstreckt sich über Australien und die ihm benachbarten Inseln. Am Nordrande des Erdteils herrscht Tropen-, im


Eukalyptuswald in Australien.

Süden Mittelmeerklima vor. Die Kulturpflanzen sind daher auch die tropischen oder südeuropäischen. Die zwischen beiden Bezirken liegende Hauptmasse des Erdteiles ist heiß und trocken, daher vorwiegend Wüste oder Steppe. Bekannte Pflanzen des Gebietes sind die Eukalyptusbäume. Da sie — wie bereits erwähnt — ihre Blätter senkrecht stellen, geben sie wie andere australische Bäume nur wenig Schatten. Man redet daher hier mit einem gewissen Rechte von „schattenlosen Wäldern". Die Urwälder der feuchtheißen Gegenden sind reich an Baumfarnen.

II. Beobachtungsaufgaben über die besprochenen Pflanzen.

1. Schraubenalge und andere Algen. 1. Wann erscheinen im Frühjahr die watteähnlichen Massen der Schraubenalgen? 2. Bringe Algenmassen in ein mit Wasser gefülltes hohes Glas! Sind sie schwerer oder leichter als Wasser? Wo befinden sich die Algen, wenn sie einige Stunden hindurch direktem Sonnenlichte ausgesetzt waren? 3. Welches Schicksal haben die Algenmassen, die aus Teichen herausgeworfen werden („Meteorpapier")? 4. Durchsuche im Frühjahre den Schlamm aus Gewässern, die von Schraubenalgen bewohnt werden, nach keimenden Sporen (kleine Schlammproben unter dem Mikroskop betrachten)! 5. Kannst du frische Meeresalgen erhalten, so breite sie in einem Gefäße mit Süßwasser auf weißem Papier sorgfältig aus, hebe die Pflanzen mit dem Papier aus dem Wasser und trockne sie langsam zwischen Löschpapier!

2. Champignon und andere Ständerpilze. 1. Suche im Erdboden, unter der Laubdecke des Waldes und unter der Borke morscher Bäume nach dem Fadengeflechte von Pilzen! 2. Beobachte im Nachsommer bei feuchten, warmem Wetter, wie schnell die Fruchtkörper von Pilzen aus dem Boden hervorbrechen! 3. Vielfach findet man Fruchtkörper, die in Kreisen oder gekrümmten Reihen stehen. Welchen Durchmesser erreichen diese „Hexenringe"? Wieviel Fruchtkörper hast du gleichzeitig auf ihnen beobachtet? 4. Lege die abgeschnittenen Hüte von Pilzen mit der Unterseite auf einen Bogen Papier und beobachte nach etwa 12 Stunden die verschiedenen „Sporenbilder"! (Je nach der Farbe der Sporen ist schwarzes oder weißes Papier zu verwenden!) 5. Stelle fest, welches Gewicht die größten Fruchtkörper erreichen! 6. Untersuche die Fruchtkörper von Champignon, Steinpilz und anderen eßbaren Arten auf ihren Wassergehalt (gewogene Stücke trocknen, dann wieder wiegen)! 7. Stelle mit der Laubsäge Querschnitte durch alte Fruchtkörper des Feuerschwammes her und zähle die „Jahresringe"! Wie ist die Entstehung dieser Ringe zu erklären? 8. Lege frisch gesammelte Steinpilze in ein Glasgefäß, decke es zu und beobachte, wie sie in Fäulnis übergehen!

3. Mutterkornpilz, Hefe u. a. Pilze. 1. Sammle Pflanzenteile, die von Schmarotzerpilzen befallen sind! 2. Lege einige Exemplare des Mutterkorns in einen Blumentopf, vergrabe diesen im Garten und beobachte im nächsten Frühjahre das Hervorkommen der Fruchtkörper! 3. Verstäube Schwefelblüte über Rosenstöcke, die von Meltau befallen sind! 4. Bringe in eine Wunde einer gesunden Kartoffelknolle etwas Saft aus einer anderen, die von der Kartoffelfäule befallen ist, lege jene Knolle unter eine Glasglocke und beobachte, wie sie gleichfalls erkrankt! 5. Laß Apfel- oder Traubensaft gären! Beobachte hierbei, wie der Vorgang durch die Temperatur beeinflußt wird! 6. Koche etwas Fruchtsaft, bringe ihn in ein ausgeschwefeltes Glas und verschließe dieses fest mit einem Kork oder einem Wattepfropfen! Stelle nach 2—3 Wochen den Geschmack des Saftes fest und vergleiche ihn mit dem des in Aufg. 5 verwendeten Saftes! 7. Laß Zuckerwasser oder Bierwürze (in Brauereien erhältlich) nach Zusatz von Bierhefe im warmen Zimmer gären!

4. Spaltpilze usw. 1. Lege auf einen Teller, der mit angefeuchtetem Papier bedeckt ist, Scheiben von Brot oder von gekochten Kartoffeln, stülpe eine Glasglocke darüber, halte das Papier fortgesetzt feucht und verfolge die Entwicklung der entstehenden Schimmel- und Spaltpilzkolonien! 2. Ein Kartoffelstück, das du in einem Probierglase mit wenig Wasser wiederholt einige Minuten kochst, bleibt unverändert, wenn du die Öffnung des Glases mit abgesengter reiner Watte verschließt. Bringe nach einiger Zeit auf das „sterilisierte" Kartoffelstück mit Hilfe einer ausgeglühten Nadel Teilchen von einer Pilzkolonie (Aufg. 1), die sich durch besondere Färbung auszeichnet! 3. Halbiere ein mit Schimmelpilz- und Bakterienkolonien bedecktes Stück Brot, bringe das eine Stück unter eine Glasglocke wie in Aufg. 1, das andere aber in gleicher Weise unter ein undurchsichtiges Gefäß und stelle beide nebeneinander „in die Sonne"! Beobachte, wie die Pilzentwicklung von den Sonnenstrahlen beeinflußt wird! 4. Weise durch geeignete Versuche nach, daß Siedehitze, Kälte. Trocknen oder Dörren, starker Essig, starke Salz- und Zuckerlösungen konservierend wirken! 5. Weise ebenso die antiseptische Wirkung von Lysol, Sublimat, Formol und anderen Desinfektionsmitteln nach! 6. Lege die Haut eines frischen Schellfisches so in Salzwasser (3 g Salz in 100 g Wasser), daß sie teilweise aus der Flüssigkeit herausragt! Beobachte im Dunkeln, ob sich Leuchtbakterien eingefunden haben! 7. Bringe faulende Blätter in den Schlamm eines Aquariums und stelle es „in die Sonne"! Nach einigen Wochen wird der Schlamm an der „Sonnenseite" durch „Purpurbakterien" sicher Rotfärbung zeigen.

5. Flechten. 1. Sammle die erwähnten Flechten! 2. Untersuche sie wie die Schüsselflechte auf ihre Zusammensetzung aus Pilzfäden und eingelagerten Algen! 3. Untersuche auch ihre Fruchtkörper! 4. An welchen Stellen hast du Flechten (und Moose) als „erste Ansiedler" angetroffen? 5. Wiege Flechtenpolster nach einem Regen, trockne sie und stelle fest, wieviel Wasser sie aufgenommen hatten! 6. Versuche, ob Flechten, die mit einem Teile ihrer Unterlage eingesammelt wurden, nach zwei, vier oder sechs Monaten im Freien weiterwachsen!

Namen- und Sachverzeichnis.

Algen 5, 43.
Algenpilze 26.
Amanita 18.
Angiospermen 47.
Apothecien 35.
Arcyria 33.
Armillaria 18.
Armleuchtergewächse 14.
Ascomyceten 20.
Assimilation 53.
Assimilationsgewebe 58.
Astflechten 36.
Atmung 64.
Aufspeicherung der Stoffe 63.

Bakterien 27.
Bartflechten 36.
Basidiomyceten 14.
Bastfasern 83.
Bastteil 82.
Batrachospermum 13.
Bauchpilze 19.
Bauplan des Stammes 79.
Bazillen 28.
Becherflechten 37.
Bedecktsamige Pflanzen 47.
Beerentang 12.
Befruchtung 94.
Bestäubung 92.
Bierhefe 23.
Birnenrost 25.
Birnentang 12.
Blasentang 12.
Blatt 52.
Blätterpilze 18.
Blattkeimer 48.
Blattnerven 60.
Blüten 90.
Blütenpflanzen 47.
Blütenstaub 91.
Boletus 18.
Borke 87.
Bovist 19.
Brandpilze 23.
Braunalgen 11.
Brotschimmel 22.

Cantharellus 18.
Cetraria 36.
Characeen 14.
Chlorophyceen 9.
Chlorophyll 58.
Chondrus 13.
Cladonia 37.
Clavaria 19.
Claviceps 21.
Conjugaten 5.
Cyanophyceen 13.

Desinfektionsmittel 31.
Desmidiaceen 8.
Diatomaceen 8.
Dickenwachstum 83.
Dictydium 33.
Dikotyledonen 48.
Düngung 72.
Durchlüftung 60.

Einkeimblättrige Pflanzen 48.
Eiweißstoffe 62.
Eizelle 94.
Empusa 27.
Endosperm 96.
Epidermis 58.
Erbsenrost 25.
Erysiphe 22.
Eumyceten 14.

Fadenpilze 14.
Fadenstäubling 33.
Falscher Gelbling 18.
Falscher Rebenmeltau 27.
Farnartige Pflanzen 46.
Fäulnis 29.
Feldchampignon 14.
Festigkeit der Stämme 88.
Fette 62.
Feuerschwamm 19.
Flechten 34, 44.
Fliegenpilz 18.
Fliegenschimmel 27.
Flora 106.
Flugbrand 26.
Fremdbestäubung 92.
Förderungsmittel der Verdunstung 67.
Froschlaichalge 13.
Frucht 95.
Fruchtblätter 91.
Fucus 12.
Fuligo 32.
Fungi 14.
Fusicladium 22.

Gallertalge 14.
Gärung 30.
Gefäßbündel 80.
Gefäße 81.
Gefäßsporenpflanzen 46.
Gefäßzellen 81.
Gelbling 18.
Geotropismus 74.
Getreiderost 24.
Glattfrüchtchen 33.
Graphis 35.
Grünalgen 9.
Grundgewebe 58, 79.
Gründüngung 72.
Gummi 86.
Gymnospermen 47.
Gymnosporangium 25.

Haarstäubling 33.
Habichtschwamm 19.
Hahnenkamm 19.
Hallimasch 18.
Harzgänge 86.
Hausschwamm 19.
Heilung von Wunden 88.
Heliotropismus 78.
Herbstlicher Laubfall 69.
Hernie 33.
Holzfasern 81.
Holzkörper 83.
Holzteil 81.
Hydnum 19.
Hypholoma 18.

Jahresringe 84.
Insektenblütler 93.
Jochalgen 5.
Isländisches Moos 32.

Kambium 83.
Kapselfrüchte 97.
Kartoffelpilz 27.
Keimblätter 96.
Keimsack 94.
Keimschlauch des Pollens 95.
Keimung 98.
Kernholz 84.
Keulenpilze 19.
Kieselalgen 8.
Kleber 63.
Knollenblätterpilz 18.
Knospen 75.
Knotensucht 33.
Kokken 28.
Konservierung 31.
Köpfchenschimmel 26.

Korallenpilz 19.
Kork. 87.
Krustenflechten 35.
Kurztriebe 75.
Kutikula 59.

Lackmusflechte 37.
Lactaria 18.
Lagerpflanzen 5, 45.
Langtriebe 75.
Laubflechten 35.
Laubmoose 46.
Lebermoose 46.
Leitungsbahnen 84.
Leocarpus 33.
Licht (Assimilation) 56.
Lohblüte 32.
Lycoperdon 20.

Macrocystis 12.
Mark 80.
Markstrahlen 80, 84.
Meltaupilze 22.
Merulius 19.
Milchröhren 86.
Monokotyledonen 48.
Moose 45.
Morchella 20.
Mucor 26.
Mutterkornpilze 21.
Mycel 16.
Myxomyceten 32.

Nacktsamige Pflanzen 47.
Nährgewebe 96.
Nährsalze 53.
Nebenmarkstrahlen 84.
Netzstäubling 33.
Nostoc 14.

Oberhaut 58, 79.
Oidium 22.
Öle 62.
Oogonium 10.
Oscillatoria 14.

Palisadenschicht 58.
Parasolpilz 18.
Parmelia 35.
Pasmodiophora 33.
Penicillium 22.
Perltang 13.
Peronospora 27.
Pfifferling 18.
Pflanzenkrankheiten 37.
Phaeophyceen 11.
Pholiota 18.
Phycomyceten 26.
Pilze 14, 44.
Pilztiere 33.
Pinselschimmel 22.
Pleurococcus 11.
Pollen 91.
Polyporus 19.
Psalliota 14.
Pucinia 24.

Ramalina 36.
Ranken (Bewegung) 78.
Rebenmeltau 22.
Rehpilz 19.
Reizker 18.
Renntierflechte 37.
Reservestoffe 63.
Rhodophyceen 11.
Rinde 80, 83.
Rindenflechte 35.
Rindenporen 88.
Roccella 37.
Röhrenpilze 18.
Rohrzucker 62.
Rostpilze 23.
Rotalgen 11.
Russula 18.

Saccharomyces 23.
Salpeterbakterien 30.
Samen 95.
Samenknospe 94.
Saprolegnia 27.
Sargassum 12.
Satanspilz 19.
Schafchampignon 18.
Schattenpflanzen 57.
Schizomyceten 27.
Schlauchalge 9.
Schlauchpilze 20.
Schleimpilze 32.
Schließfrüchte 97.
Schließzellen 60.
Schmarotzerpflanzen 39.
Schmierbrand 26.
Schorf 22.
Schraubenalge 5.
Schriftflechten 35.
Schüsselflechte 34.
Schutzmittel gegen Verdunstung 67.
Schwammschicht 58.
Schwefelkopf 18.
Schwerkraft (Wirkung) 73, 77.
Schwingalge 14.
Scleroderma 20.
Selbstbestäubung 92.
Seuchen 30.
Siebröhren 82.
Soredien 35.
Spaltalgen 13.
Spaltfrüchte 97.
Spaltöffnungen 60.
Spaltpilze 27.
Speiselorchel 21.
Speiteufel 18.
Spirogyra 5.
Spitzkeimer 48.
Splint 84.
Sporenpflanzen 43.
Sproßformen 76.
Stachelpilze 19.
Stamm 75.
Ständerpilze 14.
Stärke 61.
Stärkebildner 63.
Staubbrand 26.
Staubgefäße 91.
Steinpilz 18.
Stemonites 33.
Stickstoffbakterien 30.
Stockschwämmchen 18.
Stoppelschwamm 19.
Strauchflechten 36.

Taphrina 22.
Thallophyten 5, 45.
Tierische Schädlinge 37.
Tierpilze 33.
Tilletia 26.
Transpiration 65.
Traubenzucker 62.
Trentepohlia 11.
Trichia 33.
Trüffeln 21.
Tuber 21.
Turgor 67.

Ulothrix 11.
Uncinula 22.
Uredinaceen 23.
Uromyces 25.
Usnea 36.
Ustilaginaceen 23.
Ustilago 26.

Vaucheria 9.
Veilchenalge 11.
Verbreitung der Samen 97.
Verbreitungsfähigkeit der Pflanzen 99.
Verdunstung 65.
Vermehrung 90.

Wachstum des Stammes 75.
Wachstum der Wurzel 69.
Wanderung der Stoffe 62.
Wandflechte 34.
Wasserbewegung 66, 84.
Wasserschimmel 27.
Wasserspalten 67.
Wechselwirtschalt 72.
Weinhefe 23.
Windblütler 94.
Winden des Stengels 77.
Wurzel, Bau und Leben 69.
Wurzeldruck 85.
Wurzelhaare 70.
Wurzelhaube 70.

Xanthoria 34.

Zelle 52.
Zellschichten des Laubblattes 58.
Ziegenbart 19.
Zottiger Reizker 18.
Zweikeimblättrige Pflanzen 48.
Zwischenzellräume 60.